R21c

Université de Genève. — Institut de Botanique; Prof. Dr R. Chodat.
9me série. — IIme fascicule.

LE COELASTRUM PROBOSCIDEUM BOHL.

ÉTUDE DE PLANCTOLOGIE EXPÉRIMENTALE

SUIVIE D'UNE RÉVISION DES COELASTRUM DE LA SUISSE

THÈSE

présentée a la Faculté des Sciences de l'Université de Genève
pour l'obtention du grade de Docteur ès-sciences naturelles

par

TSCHARNA RAYSS.

EXTRAIT DES MATÉRIAUX POUR LA FLORE CRYPTOGAMIQUE SUISSE
VOL. V, FASC. 2.

BERNE
Imprimerie K.-J. Wyss.
1915

THÈSE N° 566.

Université de Genève. — Institut de Botanique; Prof. Dr R. Chodat.
9me série. — IIme fascicule.

UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY

LE COELASTRUM PROBOSCIDEUM BOHL.

ÉTUDE DE PLANCTOLOGIE EXPÉRIMENTALE

SUIVIE D'UNE RÉVISION DES COELASTRUM DE LA SUISSE

THÈSE

présentée a la Faculté des Sciences de l'Université de Genève
pour l'obtention du grade de Docteur ès-sciences naturelles

par

TSCHARNA RAYSS.

EXTRAIT DES MATÉRIAUX POUR LA FLORE CRYPTOGAMIQUE SUISSE
VOL. V, FASC. 2.

BERNE
Imprimerie K.-J. Wyss.
1915

THÈSE N° 566.

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES.

La Faculté des Sciences, sur le préavis de M. le professeur R. Chodat, autorise l'impression de la thèse présentée par Mlle Rayss, intitulée: ***Le Coelastrum proboscideum, Etude de planctologie expérimentale, suivie d'une révision des Coelastrum de la Suisse,*** *sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.*

Genève, le 13 juillet 1915.

Le Doyen,
H. Fehr.

No 566.

591.92
R21c

5 My '23 - E.L.

A Monsieur le professeur Robert Chodat qui m'a constamment guidée et soutenue de ses bienveillants conseils, en témoignage respectueux d'attachement et de gratitude.

Le présent travail a été exécuté au laboratoire de l'Institut botanique de Genève, à l'instigation et sous la direction de M. le professeur R. Chodat Qu'il me soit permis de lui exprimer ici ma profonde reconnaissance pour sa bienveillante attention et les précieux conseils qu'il m'a prodigués le long de ces recherches.

Ce m'est aussi un agréable devoir de remercier ici M. Casimir de Candolle, pour m'avoir permis de travailler dans sa riche bibliothèque; M. le docteur Ducellier, pour avoir mis obligeamment à ma disposition ses préparations persistantes du *Coelastrum Chodati* et M. le professeur Schmidle, pour m'avoir donné quelques renseignements bibliographiques complémentaires.

Le mot «plancton» a été introduit par Hensen en 1887 pour désigner l'ensemble des organismes qui errent passivement dans l'eau de la région pélagique marine. Ce terme s'est étendu actuellement aussi aux organismes des eaux douces et définit tous les êtres tant animaux que végétaux qui sont suspendus dans l'eau, abandonnés aux caprices du vent et des vagues. Or, ce qui caractérise cette formation particulière, c'est l'ensemble des caractères épharmoniques qui permet aux organismes en question de se maintenir dans les couches de l'eau correspondant au maximum de nécessité pour leur existence.

Cette suspension au niveau utile est réalisée de plusieurs manières différentes. Ainsi, plusieurs organismes augmentent leur surface et diminuent à la fois leur poids spécifique par la gélification de leur membrane *(Dictyosphaerium*, *Sphaerocystis*, *Oocystis lacustris*, *Phaeocystis Poucheti*, *Stichogloea olivacea*, *Cyclotella* etc.); d'autres augmentent la surface par rapport à la masse tantôt en se munissant de piquants, soies et autres prolongements aciculaires de la membrane *(Chodatella, Golenkinia*, *Richteriella*, *Lagerheimia*, *Mallomonas)* en formant tantôt de véritables parachutes *(Ornithocercus*, *Planctoniella);* d'autres sécrètent des substances d'un poids spécifique moindre que celui de l'eau telles qu'huile *(Botryococcus Braunii)*, graisse *(Ceratium)*, bulles d'oxygène et vacuoles à gaz (*Conjuguées*, *Anabaena flos aquae; Difflugia globulosa et hydrostatica*, *Actinophrys* et *Acanthocystis* entre les animaux). Un grand nombre encore diminue les chances de chute en se groupant en colonies étalées en tables continues ou réticulées *(Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Crucigenia*, etc.*)*, en arbuscules *(Dinobryon; Epistylis rotans)*, en étoiles *(Asterionella*, *Tabellaria)*, en sphères creuses ou pleines *(Coelastrum, Hydrodictyon*, *Hariotina)*. Le déplacement actif se réalise soit par la présence des cils (Volvocinées, Péridiniacées), soit par l'effort musculaire (animaux du plancton), mais ces dispositions sont de second ordre.

Les organismes du plancton sont en outre caractérisés par leur excessive variabilité, qui est manifeste soit qu'on compare les individus d'une espèce donnée en un moment donné, soit qu'on considère la constitution relative du plancton dans les pêches mensuelles ou

bimensuelles. On verra alors que les représentants d'une espèce seront particulièrement nombreux à un moment donné de l'année; que d'autres espèces auront deux maxima de développement; d'autres encore présenteront certaines modifications morphologiques constantes pour chaque saison, etc. Si l'on tient compte des différentes causes qui pourraient déterminer le polymorphisme d'une espèce telles qu'elles sont déterminées par Chodat (4), à savoir : influence du milieu, morphoses, état pathologique, stades du cycle évolutif enfin — on pourrait se demander si le polymorphisme des organismes planctoniques ne serait déterminé par l'un de ces facteurs. — Il est évident qu'en tant qu'on considère l'ensemble des organismes flottants dans leur milieu naturel on ne saurait donner une réponse suffisante à cette question. — Dans la nature et avec des populations il est difficile sinon impossible de définir exactement si telle forme n'est qu'une variation de telle autre et non pas une race nouvelle venant la remplacer à un moment donné. Et la difficulté est d'autant plus grande que d'après Wesenberg-Lund (2) ces variations se font brusquement, sans transition graduelle, dans la durée de deux à trois semaines et vers la même époque pour tous les organismes (de 12° à 16°, ce qui correspond dans la mer Baltique aux mois de mai-juin) de sorte qu'il y a une limite tranchée entre le plancton d'hiver et d'été.

« Le polymorphisme ou polymorphie (on dit aussi souvent pléomorphisme ou pléomorphie) est une qualité de l'être qui se présente sous plusieurs formes. — C'est une propriété que possèdent certaines espèces de revêtir des formes différentes sans changer de nature. » (Chodat 4.) Donc, pour étudier le polymorphisme, il faut connaître la nature de l'espèce, et « connaître l'espèce, c'est déterminer l'amplitude de la variation de chaque caractère, de chaque organe dans une lignée pure. » Ibid.). Or, ceci n'est possible qu'en culture pure. Dans la nature on arrive plus ou moins à définir les espèces en établissant les courbes de variation, mais, sans parler de courbes à deux sommets qui caractérisent précisément le dimorphisme saisonnier « il arrive parfois que les mélanges fournissent des courbes à un sommet et même les courbes de probabilité satisfaisantes : cela arrive lorsque, le mélange de plusieurs races se faisant, le milieu agit sur chacune de ces races en lui imprimant un développement plus ou moins vigoureux. Il se peut alors que les individus de ces races se groupent dans ce milieu en suivant également la loi des grands nombres, l'une des formes l'emportant sur d'autres qui, dans la lutte pour l'existence, avec ces multiples facteurs, se subordonnent régu-

lièrement, comme dans une population équilibrée se subordonnent divers éléments ethniques. » (Chodat 5.) C'est précisément le plancton qui forme une population ainsi équilibrée et les caractères épharmoniques mentionnés avant ne font que traduire l'empreinte que le milieu extérieur imprime sur les individus suspendus. — Etant donné que la délimitation d'espèces pures est impossible dans la nature et les cultures pures étant très peu nombreuses encore, il n'y a pas lieu de s'étonner qu'on n'ait pour le moment que des notions très générales sur la variabilité de la flore planctonique. Néanmoins, les essais ont été faits pour expliquer le polymorphisme et les variations saisonnières par les variations du milieu extérieur, température, lumière, densité, etc.

Ainsi, d'après Ostenfeld (2), *Sphaerocystis* a atteint dans le lac Thingvallavatn le maximum de développement en octobre 1900 à la température de 5° à 7,5° et un second maximum en juin 1903 à la température de 7° à 8,5°. Le maximum de développement s'est fait ainsi vers 7° et la température plus ou moins élevée a été préjudiciable à l'algue en question; de plus, c'est l'unique facteur qui est entré en jeu car la lumière est plus intense en juin qu'en octobre. Il en était de même pour les *Rhizosolenia* et les *Cyclotella* (maximum à 7—8,5°).

W. West et G.-S. West (1) montrent pour les *Asterionella gracillima* deux maxima dans le lac de Windermere (Westmoreland); premier en mai—juin, second en novembre—janvier, les deux correspondant à la température de 7°—8° C. Ceci concorde ainsi avec les remarques de Brönsted et Wesenberg-Lund disant que la température de 0° à 5° et de 14° à 20° n'arrive qu'une seule fois, tandis que celle de 5° à 14° se trouve deux fois par année; d'ici les organismes adaptés à la température de 5° à 14° auront nécessairement deux maxima (par exemple les Diatomées).

Mais la température n'est pas le seul facteur à envisager: ainsi Zacharias (1) indique l'extrême pauvreté du plancton en *Asterionella* et *Fragilaria crotonensis* au commencement de décembre à la température de 4° à 5° et jusqu'à février—mars où ces organismes commencent subitement à pulluler, bien que la température soit encore plus basse (0,5° à 0,7° C.); l'auteur explique ce développement brusque par la lumière qui, devenue plus intense, favorise l'assimilation, ce qui importe surtout pour des espèces à chromatophore réduit, comme le sont *Asterionella* et *Fragilaria*. La persistance de ces formes dans les petits étangs en hiver est expliquée par la présence de beaucoup de matières en décomposition et l'apport des nitrates et nitrites par

la pluie, ce qui permet aux organismes en question de vivre en saprophytes.

D'autres facteurs peuvent aussi influer sur la périodicité des organismes nageants : Guyer (1) signale dans le Greifensee deux maxima pour les *Ceratium hirundinella :* un en juillet à 20°—23°, l'autre — un peu inférieur — en décembre à 5°. Ayant comparé les courbes de variation des différents facteurs physiques avec celle de la fréquence des *Ceratium*, l'auteur trouve que la dernière correspond le mieux à celle des variations des niveaux (Wasserstand) : « und wie die Zuflüsse, welche den Chemismus des Sees beherrschen, demselben gelöste organische Stoffe zuführen, so wird uns klar, dass Steigen und Sinken des Wasserspiegels gleichsam ein Steigen oder Abschwächen der « Nährlösung » bedeutet, in welcher *Ceratium* samt allen andern Planktonten lebt ».

Les variations saisonnières encore plus importantes sont celles où les organismes flottants se trouvent affectés dans leur forme extérieure. Il se trouve alors généralement que les formes estivales sont mieux adaptées à la flottaison que celles de la saison froide. Ainsi les *Ceratium hirundinella* (Le Roux 1) présentent en hiver (février, mars) une forme à trois cornes — une antérieure, deux postérieures presque parallèles ; le passage de cette variété au type se fait par apparition d'une quatrième corne postérieure extrêmement courte. *Asterionella gracillima* est plus grèle en été (forme *gracilior* Chod., longueur des rayons égale à 89 μ, en hiver = 64 μ). Les frustules réalisent en hiver une disposition spiralée et se trouvent alors en plus grand nombre. *Tabellaria fenestrata* dispose les siennes en été en chaînes plus ou moins sinueuses, en hiver elle est pseudo-astérionelloïde. Les arbuscules de *Dinobryon sociale* (Lemmermann 2) deviennent plus lâches en été et la longueur de leurs fustules augmente.

Les *Rhizosolenia* (Schröder 2) s'accroissent de beaucoup dans les mers chaudes ; *Chaetoceras furca* Cleve et *diversum* Cleve du Pacifique forment dans les mers tropicales plusieurs paires de piquants ; *Ceratium volans* Cleve et *extensum* (Gourr) Schröder allongent démesurément leurs cornes, etc. On n'a d'ailleurs qu'à jeter un coup d'œil sur les figures illustrant le travail de Schröder pour se rendre compte de l'adaptation merveilleuse à la flottaison réalisée chez les formes planctoniques tropicales.

D'autre part, les travaux de Brehm (1), Ostenfeld et Wesenberg-Lund (1) montrent que dans les lacs alpins et arctiques les formes estivales manquent grâce aux faibles oscillations de la température pendant le cours de l'année.

Il en est de même en ce qui concerne la faune planctonique : *Hyalodaphnia* augmente son axe longitudinal de 100 à 700 μ en été; *Bosmina corregoni* double la longueur de ses antennes; *Asplanchna*, isodiamétrique en hiver, est 5 fois plus long que large en été et ainsi de suite. (Wesenberg-Lund 3.)

Toutes ces variations s'imposaient depuis longtemps à ceux qui s'occupaient du plancton et plusieurs théories ont été proposées pour les expliquer.

En 1897, Wesenberg-Lund (2) a le premier attiré l'attention sur le fait que l'axe longitudinal de *Asplanchna* augmente en été pour de nouveau diminuer en automne et il a tâché de relier ce fait aux variations du poids spécifique de l'eau : en effet, toutes choses égales d'ailleurs, l'immersion des corps flottants doit se faire plus rapidement en été, l'eau devenant moins dense avec l'augmentation de la température; or, la forme sphérique étant celle qui plonge le plus rapidement, l'organisme a tout l'avantage de s'en écarter en été. Ainsi, les adaptations à la flottaison sont plus prononcées dans les formes estivales en fonction d'un facteur externe qui est le poids spécifique de l'eau et qui, lui, dépend de la température.

W. Ostwald (1) en 1902 en abordant le même problème met également les variations des formes planctoniques en dépendance des causes physico-chimiques du milieu extérieur, mais il s'écarte de Wesenberg-Lund en considérant les variations du poids spécifique de l'eau comme étant trop petites pour permettre des changements aussi notables dans les organismes qui s'y trouvent suspendus. La suspension n'est en somme qu'un processus d'immersion excessivement lent : « Unter Schwebegeschehnissen wollen wir vielmehr im folgenden diejenigen Vorgänge verstehen, welche sich als Sinkvorgänge von ausserordentlich geringer Sinkgeschwindigkeit auffassen lassen ». Le plancton étant par définition une formation végétale et animale suspendue dans l'eau, une étude théorique de cette formation devrait répondre à trois questions suivantes :

1. Quelles sont les conditions physico-chimiques qui rendent possible la suspension d'un corps ou qui déterminent son immersion?

2. Dans quelles conditions spéciales de flottaison se trouvent les organismes du plancton, quelles sont les structures particulières qui leur permettent de flotter?

3. De quelle manière le plancton réagit-il sur les modifications des conditions extérieures déterminant la flottaison?

I. Voyons tout d'abord les conditions de flottaison et d'immersion en général. Pour qu'un corps plonge, il faut que son poids spé-

cifique soit plus grand que celui de l'eau. D'autre part, chaque corps plongé dans l'eau perd de son poids ce que pèse le volume de l'eau déplacée; donc, pour plonger, le corps en question doit avoir par rapport à l'eau une *surcharge ou surpoids* (Übergewicht): la vitesse de l'immersion sera proportionnelle à cette surcharge. Ce surpoids, en particulier, est fonction de la température et de la richesse de l'eau en gaz et substances dissoutes. Toutefois, en supposant que le poids spécifique du corps immergé reste constant (ce n'est pas le cas des organismes vivants), l'augmentation du surpoids pour les 30 premiers degrés ne se fera que dans la troisième décimale. L'influence des sels en dissolution est déjà un peu plus importante: 1 % de NaCl l'augmente de 0,006—0,007. L'influence des gaz dissous peut être négligée étant très petite. Ainsi donc, en définitive, le surpoids présente une valeur peu variable.

Mais il y a des cas où deux corps ayant le même surpoids plongent différemment; il en sera ainsi si l'un d'eux avait la forme de disque et l'autre était pyriforme. La résistance à l'immersion est ici fonction de la forme; la seconde condition de flottaison sera ainsi déterminée par *les actions de surface* (Formwiderstand). Ce facteur est important, mais très complexe. Ainsi, si la vitesse d'immersion était simplement fonction de la surface absolue des corps, il faudrait qu'un grain de sable plongeât plus vite qu'un caillou de même poids spécifique. En réalité, dans le phénomène de flottaison, on prend en considération la surface relative ou spécifique du corps, c'est-à-dire le rapport de sa surface absolue au volume. La vitesse d'immersion est inversément proportionnelle à cette surface spécifique.

De plus, comme dans les cas d'immersion il ne s'agit que du mouvement descendant et vertical, nous pouvons en conclure que, toutes choses égales d'ailleurs, les corps plongeront d'autant plus lentement que leur projection verticale — ou ce qui revient au même leur section transversale — sera plus grande.

Les deux facteurs que nous venons d'envisager — le surpoids et la résistance superficielle — peuvent être considérés comme facteurs biologiques, car ils caractérisent les corps immergés, les organismes flottants eux-mêmes. Le troisième facteur est purement physique en tant qu'il caractérise le milieu dans lequel la suspension s'effectue. Ce ne sera pas le poids spécifique du liquide comme le voulait Wesenberg-Lund, car le même corps plongera avec une vitesse différente dans deux liquides de même poids spécifique, comme par exemple alcool ou résine ou cire fondue. Il y aura même des cas où malgré la diminution du poids spécifique du liquide (eau et mé-

lange d'eau et d'alcool) on peut constater une diminution de vitesse d'immersion. Pour Ostwald, le troisième facteur d'immersion caractérisant le liquide même sera sa *viscosité* ou frottement interne définie encore par Newton comme une force dépensée par le déplacement relatif des particules d'un liquide non parfait. La vitesse d'immersion des corps est toujours inversément proportionnelle à la viscosité ou cohésion du liquide donné et c'est même sur ces principes qu'est basée la mesure de la viscosité. La valeur de la viscosité dépend comme celle du poids spécifique — mais en plus forte proportion — de la température et des sels dissous. Dans une solution saline concentrée le même corps plongera deux fois plus lentement que dans l'eau pure. D'autre part, si la viscosité de l'eau pure à 0° est supposée égale à 100°, à 25° elle sera de 49,9 (mesures de Landolt-Börnstein): l'immersion se fera ici deux fois plus vite si, en maintenant toutes les autres conditions d'immersion constantes, on élèvera la température du liquide en question de 0 à 25°.

Considérant les autres facteurs, pression, compressibilité de l'eau, etc., comme ayant très peu d'influence sur les phénomènes d'immersion, Ostwald a généralisé ces déductions sous forme de la formule suivante:

$$\text{La vitesse d'immersion} = \frac{\text{surpoids}}{\text{action de surface} \cdot \text{viscosité}}.$$

Ainsi donc, pour qu'un corps flotte dans un liquide donné il faut que sa vitesse d'immersion s'approche de 0, ce qui peut être obtenu soit en diminuant le nominateur (surpoids), soit en augmentant le dénominateur (action de surface et viscosité). Ces considérations s'appliquent à tout corps flottant, par conséquent aussi aux organismes du plancton.

II. Abordons maintenant la seconde question d'Ostwald: Quelles sont les adaptations des organismes du plancton à la vie flottante? — Si les considérations précédentes sont justes, la flottaison, c'est-à-dire la diminution de la vitesse d'immersion ne peut être réalisée que de deux façons:

1. le corps flottant doit diminuer son surpoids,
2. ou bien il doit augmenter l'action de surface.

Ces deux tendances caractérisent, en effet, comme nous l'avons vu plus haut, tous les organismes du plancton: diminution du poids spécifique par gélification et sécrétion de substances légères d'une part; groupements légers, diminution de volume, augmentation de projection verticale par des épines, soies, processus gélatineux, etc.,

d'autre part. Enfin, plusieurs arrangements règlent encore l'orientation spaciale des corps suspendus en tant qu'êtres vivants tels que les propriétés osmotiques, mobilité, stabilité dynamique (limite de concentration et de température), etc.

III. Mais ces dernières considérations impliquent déjà les modifications des organismes comme réponse au milieu extérieur — c'est précisément le troisième problème posé par Ostwald: comment un organisme flottant va-t-il réagir contre les variations continuelles du milieu ambiant pour se maintenir tout de même à un niveau utile dans l'eau? Ce qui varie dans le milieu, c'est son poids spécifique et sa viscosité, les deux en fonction de la température et de la concentration. Pour les premiers 10° la variation est de 0,03 %, celle de la viscosité est de 3 %, c'est-à-dire cent fois plus forte; de plus, les variations du poids spécifique affectent à la fois le milieu et les organismes qui y plongent — étant donné surtout que leurs tissus sont toujours riches en eau; encore l'immersion ne dépend-elle pas seulement du poids spécifique de l'eau ou de celui du corps flottant seul, mais de leur différence. Toutes ces considérations amènent Ostwald à conclure que dans la majorité des cas les variations biologiques répondent aux variations de la viscosité seule. Les organismes pris isolément réagiront passivement en plongeant ou en émergeant dans les couches où l'équilibre s'établit entre leur propre poids spécifique et celui du milieu environnant. Mais l'espèce avec sa multiplicité de générations et de races, s'aidant des lois de la croissance, s'adaptera plus ou moins en modifiant les conditions biologiques de la formule de flottaison. — Les variations du surpoids sont faibles et très difficiles à évaluer; on peut néanmoins supposer que la production d'huile varie quantitativement durant l'année. Les variations de la résistance superficielle, par contre, seront précisément les variations saisonnières dont il a été question plus haut.

Sans entrer plus en détail dans les considérations qui suivent, résumons en quelques points la théorie d'Ostwald.

La formule de suspension nous met en présence de trois facteurs:

1. Surpoids caractérisant les corps flottants et subissant de faibles variations en fonction de la température et de la teneur du milieu extérieur en substances dissoutes.

2. L'action de surface qui dépend de la surface relative et de la valeur de projection verticale de l'organisme en suspension.

3. Viscosité ou cohésion du milieu ambiant, le seul facteur physique variable par lui-même et dépendant de la température et de la concentration. Si donc nous diminuons la viscosité soit en diminuant la concentration du milieu, soit en augmentant sa température, nous augmenterons par là même la vitesse d'immersion des corps flottants et on peut s'attendre à ce que l'organisme réagisse en diminuant son surpoids ou en augmentant sa résistance superficielle. Ainsi donc les adaptations des formes estivales à la flottaison, dont il a été question précédemment, se trouvent être conformes à la théorie d'Ostwald. Il en est de même pour la variation des organismes en fonction de concentration. Plusieurs observations et expériences ont montré que les variations de concentration ont un effet opposé à celui de la température; que dans une concentration élevée la vitesse d'immersion étant diminuée, les organismes s'isolent, s'arrondissent, etc. Ainsi les observations de Schmankewitsch (citées d'après Ostwald) ont montré que les *Artemia Mülhansenii* d'eau douce sont munis de piquants, épines, etc., tandis que les *Artemia salina* très voisines en sont dépourvues. D'après Semper («Existenzbedingungen der Tiere», citées d'après Ostwald), les coquilles des *Neritina* marines sont lisses, — celles des formes d'eau douce sont recouvertes par des piquants. Mêmes phénomènes se retrouvent enfin chez des algues qui ont été étudiées plus souvent et plus à fond, les expériences étant faites pour la plupart avec des espèces isolées en culture pure. D'une manière ou d'autre, les algues réagissent presque toujours vis-à-vis des concentrations croissantes des milieux de culture. Ainsi les *Chlamydomonas* d'Artari (4) augmentent de taille dans les milieux concentrés et tendent à la forme sphérique. Les algues cénobiées, *Pediastrum*, *Coelastrum*, *Scenedesmus* — d'après les études nombreuses de Chodat — isolent leurs cellules dans de fortes concentrations ou s'arrondissent en boules, ce qui diminue encore le rapport entre le volume et la surface. Les prolongements aciculaires de la membrane, les cornes des *Pediastrum* et des *Coelastrum* tendent à disparaître et les cellules allongées des *Scenedesmus* et des *Raphidium* à se raccourcir et à s'arrondir. Livingston (1) enfin dans ses travaux sur *Stigeoclonium* a essayé de démontrer que les variations de cette algue sont provoquées uniquement par les variations de pression osmotique, indépendamment de la nature chimique de sels qui la déterminent. Pourtant, les recherches d'Artari (3) et de Matruchot et Molliard (1) sur *Stichococcus bacillaris* semblent infirmer la généralité de cette conception en tant que ces auteurs arrivent indépendamment au résultat suivant: l'augmentation de la con-

centration en sucre (à partir de 10 % de glycose) amène les cellules des *Stichococcus* à devenir très longues, parfois tordues et rangées en filaments de 2 à 4 cellules à la suite; les cellules dans les solutions faibles, par contre, sont courtes et relativement épaisses, isolées ou rarement associées par deux. Artari explique la formation de cellules allongées dans des solutions concentrées par le retard dans leur division qui est dû à la nature chimique de la solution sucrée, car les fortes concentrations de NaCl semblent avoir un effet inverse : NaCl d'après Richter (1) accélère la division et ralentit la croissance. Ainsi donc la nature chimique des sels aurait aussi une influence définie et on a beaucoup reproché à Ostwald d'avoir négligé la question de nutrition, d'avoir traité les organismes planctoniques comme s'ils n'étaient pas doués de vie et n'avaient d'autre besoin qu'à se maintenir à un niveau donné. — Nous avons déjà vu précédemment que Guyer met en rapport les variations de *Ceratium* avec le niveau d'eau et par là — l'enrichissement du milieu en sels nutritifs. Dans un joli travail, A. Nathanson (1) étudie la distribution du plancton marin et établit un rapport entre la quantité du plancton et les mouvements verticaux des couches d'eau. Ces mouvements se font tantôt à la suite d'évaporation ayant pour conséquence l'augmentation de concentration des couches superficielles (mers du Sud), tantôt grâce au refroidissement de surface (au Nord surtout). Or, il se trouve que le maximum du plancton correspond aux endroits où les couches les plus profondes entrent en circulation (mer du Nord, courant d'Irminger près du cap Farewell (sud du Groenland), ce qui amène constamment les réserves du fond vers la surface et fournit ainsi des substances organiques et minérales en quantité suffisante. Si le mouvement vertical n'affecte pas le fond, il faut pour avoir une grande quantité de plancton qu'il se fasse une rencontre entre les courants superficiels chauds et froids (Atlantique du Nord), qui a pour conséquence un mélange vertical des couches d'eau. L'appauvrissement périodique en plancton sera produit par l'épuisement des réserves. Dans les « Etudes de la biologie lacustre » de Chodat nous voyons qu'à chaque catégorie de bassin — lac, étang, mare, etc., ayant sa profondeur propre et plus ou moins riche en substances nutritives, correspond une flore suspendue bien déterminée et comme espèces et comme quantité. Il est ainsi indéniable que la composition chimique des eaux n'est pas à négliger en tant qu'il s'agit de la répartition et des variations quantitatives du plancton; nous verrons dans la partie expérimentale de ce travail que la nutrition abondante indépendamment de la concentration, de même que l'oxygène, semble avoir une

influence sur les variations morphologiques de l'algue étudiée. D'ailleurs, déjà en 1898, Chodat (2) se demandait si le besoin de respiration, à côté d'autres facteurs, ne pourrait aussi avoir une influence sur la forme des organismes flottants et si leur forme découpée ou divisée ne serait à la fois utilisée comme un appareil respiratoire « comparable à celui des feuilles laciniées des plantes phanérogames submergées ». Senn (1) a voulu même expliquer la formation de cénobes uniquement par le besoin de la respiration en partant d'une loi, qui ne s'est d'ailleurs pas vérifiée ni par nos expériences ni par celles de Grintzesco, à savoir que les cénobes ne se forment qu'en absence plus ou moins complète d'oxygène. « Wie sich die xerophilen Landpflanzen gegen zu starke Transpiration durch die Anlage von Vorräumen vor den Spaltöffnungen schützen, so scheint hier bei den kolonienbildenden Süsswasseralgen durch die Bildung von mehr oder weniger (entweder durch die Zelle selbst, oder durch Gallerte) abgeschlossenen Räumen das Diffundieren der in der Flüssigkeit gelösten Gase verzögert zu werden ». La diminution de surface par la formation des cénobes aura ainsi pour effet le ralentissement d'échanges, « was bei den am Standorte herrschenden, meist nicht sehr günstigen Bedingungen dem Leben der Algen von Vorteil sein kann. » Le raisonnement est ingénieux, mais il tombe de lui-même si les expériences nous montrent que les cénobes se forment précisément en contact avec l'oxygène; dans les cultures presque anaérobies, les cellules isolées prédominent.

La théorie de Krogh (1) et Langhans (1), qui attribuent les changements morphologiques des organismes planctoniques à la nutrition seule, n'est pas plus heureuse que celle de Senn: Wesenberg-Lund (2) leur objecte tout d'abord le fait que presque tous les organismes diminuent de taille en été au lieu d'augmenter comme le voudrait leur théorie, et, ensuite, si même tel n'était pas le cas, l'accroissement produit par une meilleure nutrition devrait se répartir plus ou moins uniformément sur toute la surface du corps; l'accroissement de l'axe longitudinal seul ou la production de piquants n'en serait tout de même pas expliquée.

De même Woltereck (1) conteste l'influence exclusive de la température et de la viscosité ou poids spécifique sur la variation des organismes du plancton. Son mérite est d'avoir montré que chez les *Daphnia* la réaction au changement de température ne se fait qu'en présence d'une nutrition abondante. « Die Kopfhöhe der *Cladoceren* wird nur bei gleichbleibender, schlechter bis mittlerer Ernährung durch Wärme herabgesetzt, bei gesteigerter oder gleichbleibender

reicher Ernährung jedoch erheblich gesteigert. » Wesenberg-Lund lui répond par les mêmes arguments qu'à Krogh; pour lui, la nourriture ne peut déclancher des variations que lorsqu'elles se trouvent déjà à l'état potentiel dans l'organisme en question; « selbst kann sie aber nicht eine solche herschaffen» (Brönsted und C. Wesenberg-Lund (1). Les expériences du laboratoire pour Wesenberg-Lund soulignent surtout l'influence de la nourriture parce que c'est le seul facteur qu'il est aisé à étudier. « Mit den Wirkungen der grossen physikalischen Faktoren (Viskosität und spezifisches Gewicht) in dem Laboratorium direkt zu arbeiten, ist überaus schwer, meiner Meinung nach durchaus unmöglich ».

Que la tâche est difficile, personne ne le contestera; il nous semble pourtant que les effets de viscosité et du poids spécifique qui dépendent à leur tour de la température et de la concentration, se laissent tout de même étudier au laboratoire. Il est peut-être impossible, en effet, de produire artificiellement toutes les conditions telles et en tant qu'elles se retrouvent dans la nature, mais c'est le défaut de presque toutes les expériences. Quant à l'influence de la nutrition, puisqu'elle semble avoir une influence sur les modifications morphologiques dans les cultures, c'est qu'elle doit en exercer une, aussi minime soit-elle, aussi dans la nature. Qu'elle ne crée rien, qu'elle ne fasse que déclancher ce qui était en état potentiel dans l'organisme, c'est certain : mais en est-il autrement avec n'importe quel autre facteur du milieu extérieur?

En résumé, les organismes du plancton ont une empreinte particulière, des caractères communs déterminés par l'influence des facteurs externes. Pour les uns, les facteurs en question seraient le poids spécifique et la viscosité variables en fonction de température et de concentration ; pour les autres — le besoin de respiration dans un milieu appauvri en oxygène; pour les autres encore, le besoin de nutrition. La collaboration de tous ces facteurs dans la nature n'est d'ailleurs pas exclue.

Sans prétendre à résoudre ce problème si compliqué, nous avons simplement essayé à voir comment une algue de plancton bien typique, *Coelastrum proboscideum* Bohl. va se comporter si l'on fait varier la concentration du milieu, la température, la proportion des sels nutritifs et la quantité d'oxygène. De plus, quelques expériences ont été faites sur la valeur nutritive de certains sels et sur la réaction de l'algue en question vis-à-vis de l'acidité et de l'alcalinité du milieu. Le *Coelastrum proboscideum* sur lequel toutes nos expériences ont été faites a été obtenu en culture pure à partir de l'eau du ma-

récage tourbeux de Lossy (Savoie) d'après la méthode de triage décrite par Chodat et Grintzesco (1). Nous entendons par culture pure une culture d'algues où celles-ci ne se trouvent mélangées ni aux algues d'autres espèces, ni aux bactéries, ni à n'importe quel autre organisme étranger. Ces cultures sont difficiles à obtenir surtout lorsqu'il s'agit d'une algue cénobiée comme la nôtre, abritant facilement dans ses mailles de nombreuses bactéries. Aussi n'y sommes-nous pas parvenu qu'après un grand nombre de dilutions et de triages. Mais il ne peut plus y avoir de doute actuellement qu'un travail expérimental doit avoir pour point de départ une culture pure. Nous verrons au cours de notre exposé que notre algue se présente dans différents milieux de culture sous des formes tellement différentes qu'un systématicien le plus expert les prendrait pour d'autres espèces, voire même pour d'autres genres. Seule la certitude d'avoir travaillé avec une culture pure nous donne le droit d'affirmer que ce ne sont là que des formes d'involution d'une seule et même espèce que nous pouvons même produire à volonté en modifiant la composition du milieu. Nous verrons aussi que nos algues ont certaines propriétés physiologiques; ainsi, par exemple, elles neutralisent partiellement le milieu alcalin. Encore ici, si nous avions un mélange d'algues et des bactéries, il nous serait impossible de déterminer si cette neutralisation est produite par les unes ou par les autres. Nous avons pu enfin transformer nos algues en saprophytes en étudiant leur manière de se comporter dans les milieux sucrés, ce qui eût été impossible en présence de bactéries. Cette culture pure de *Coelastrum proboscideum* porte dans les collections de l'Institut Botanique le N° 133. Pour toutes nos expériences, nous avons employé la solution nutritive de Detmer normale ou modifiée et à dilution variée.

Partie expérimentale.

Influence de la concentration.

Solutions employées	2 semaines après l'ensemencement.	1 mois après l'ensemencement.
1. Solution Detmer diluée à $^1/_{100}$ + 0,01 ‰ de Fe_2Cl_6	Développement assez intense. Grand nombre de cellules isolées chlorelloïdes ou anguleuses. Cénobes peu nombreux, généralement très petits comme dimension et tous du type *C. proboscideum.*	Beaucoup de cénobes du type *C. proboscideum* bien formés et de dimension normale. Cellules polyédriques et chlorelloïdes assez fréquentes.

Solutions employées	2 semaines après l'ensemencement.	1 mois après l'ensemencement.
2. Detmer à $^1/_{10}$ + 0,01 °/₀₀ de Fe_2Cl_6	Développement plus intense. Cénobes beaucoup plus nombreux, mais cellules isolées encore fréquentes.	Prépondérance presque exclusive de cénobes du type *C. proboscideum*, mais de toutes les dimensions et de toutes les formes. Cellules isolées très rares provenant peut-être uniquement de la dissociation des cénobes et se perpétuant par rajeunissement.
3. Detmer au $^1/_{10}$ sans fer.	Développement dans le flacon très faible. Cénobes du type *C. proboscideum* à cellules parfois décolorées ou à contenu altéré. Presque pas de cellules isolées.	Mêmes résultats qu'après 2 semaines.
4. Detmer $^1/_3$ + 0,1 °/₀₀ de chlorure ferrique.	*Maximum de développement.* Toutes les cellules arrondies et distantes, mais réunies par une gelée très mince (décelée par l'encre de Chine), de sorte que, sans adhérer par leur bord pour circonscrire une lacune centrale, elles gardent néanmoins leur situation respective dans l'espace (Pl. XIII). Quelques-unes de ces cellules s'agrandissent et se subdivisent pour former de petits cénobes botryoïdes compactes.	*Maximum de développement.* Cénobes très nombreux du type *C. proboscideum*, mais aussi *C. microporum* et *C. sphaericum*. Etat palmelloïde à cellules distantes ou rapprochées. Par ci par là quelques cellules isolées polyédriques ou chlorelloïdes (Pl. XIII).
5. Detmer au $^1/_3$ sans fer.	Développement peu intense, un peu plus fort pourtant que dans 0,1 Detmer sans Fe. Cellules isolées et cénobes.	Mêmes résultats qu'après 2 semaines.
6. $^1/_2$ Detmer + 0,1 °/₀₀ de Fe_2Cl_6.	Beaucoup de cénobes du type *C. sphaericum* et *microporum*, beaucoup moins du type *C. proboscideum*. La majorité des cénobes en état de dissociation. Cellules isolées assez nombreuses, de préférence chlorelloïdes, mais aussi du type *Polyedrium*. Etat palmelloïde assez fréquent à cellules distantes ou contiguës.	Idem.

Solutions employées.	2 semaines après l'ensemencement.	1 mois après l'ensemencement.
7. Detmer $^1/_2$ sans Fe.	Développement dans le flacon assez faible, comme pour Detmer $^1/_3$ sans Fe. Cénobes en général plus grands et pour la plupart du type *C. proboscideum*. Cellules isolées généralement chlorelloïdes.	Idem.
8. Solution normale de Detmer + 0,1 ‰ de Fe_2Cl_6.	Cellules isolées généralement chlorelloïdes, mais de dimension variée. Cénobes rares à 4 ou 8 cellules seulement et pour la plupart du type *C. sphaericum* ou *microporum*.	Idem.
9. Solution normale de Detmer sans Fe.	Développement dans le flacon assez faible, comme pour Detmer au $^1/_3$ sans Fe. Mêmes caractères que pour la solution normale de Detmer avec Fe.	Idem.
10. 1 $^1/_2$ Detmer + Fe.	Presque toutes les cellules sont isolées et chlorelloïdes. Quelquefois de petits cénobes botryoïdes très compactes. Développement dans le flacon moins intense que dans d'autres solutions avec Fe.	Idem.

Trois flacons de chaque solution ont été mis dans le thermostat à la température de 30°. Le développement de l'algue en a été retardé dans la solution de Detmer au $^1/_3$ et presque entièrement empêché pour les autres concentrations. Au microscope, la solution Detmer au $^1/_3$ du thermostat avait les mêmes caractères que celle qui a été exposée à la température de la salle.

Résultats.

1. A des faibles concentrations de la solution nutritive Detmer correspond une grande quantité de cénobes; l'augmentation de la concentration favorise la formation de cellules isolées. Le milieu le moins concentré (0,01 Detmer) fait exception: les cellules isolées y sont assez nombreuses, probablement en fonction de la nutrition insuffisante.

2. L'augmentation de la concentration Detmer amène la formation des cellules arrondies: cénobes du type *C. sphaericum* et *microporum*, cellules isolées chlorelloïdes.

3. Le chlorure de fer accélère le développement des *Coelastrum* et leur assure une plus grande résistance.

4. L'élévation de la température exerce une influence inhibitrice sur le développement des *Coelastrum* dans les milieux inorganiques.

La réaction des *Coelastrum* vis-à-vis de la concentration croissante rappelle celle des *Pediastrum* (Chodat et Huber) (1) qui, dans des milieux concentrés, forment des états cœlastroïdes en disposant leurs cellules en boules compactes au lieu de les étaler en surface. Les *Scenedesmus* (Chodat et Malinesco) (1) se comportent d'une manière analogue lorsque dans des milieux concentrés ils forment des cellules isolées voisines des *Chlorella* par leur contenu et multiplication. C'est encore ce qui se retrouve chez les *Clamydomonadinées* (Artari 4) dont les cellules augmentent de taille dans les milieux concentrés et tendent à la forme sphérique. Dans tous ces cas, les algues se comportent comme si elles tendaient à diminuer le rapport de la surface au volume, leur surface spécifique pour parler avec Ostwald. Or, il est intéressant à voir que la théorie d'Ostwald a prévu une réaction de ce genre en la considérant comme une adaptation à la flottaison dans un milieu dont la viscosité a augmenté. Quant à l'influence des sels de fer, nos expériences confirment une fois de plus ce qui a été dit à maintes reprises par Chodat (voir la valeur relative de différentes substances en comparaison avec Fe_2Cl_6 et la dose utile de ce dernier dans « les Monographies d'algues en culture pure », pages 170—171). Toutes nos expériences ultérieures auront comme point de départ la solution Detmer prise au $^1/_3$ et nous aurons toujours soin d'y ajouter 0,1 ‰ de chlorure ferrique.

Encore un point intéressant à relever: c'est l'action de la température sur le milieu; nous arrivons à confirmer la constatation de Woltereck sur la nécessité de la nourriture suffisante, disons des conditions propices au développement, pour pouvoir subir une chaleur inaccoutumée. Signalons encore que dans notre milieu inorganique l'élévation de la température n'avait aucun effet visible sur la forme des cellules et leur dimension.

Dans cette première série d'expériences, en prenant des concentrations toujours croissantes de la solution Detmer, nous augmentions non seulement la viscosité, mais aussi la valeur nutritive des milieux en question. Dans une seconde série, nous avons essayé de déterminer la part qui revient à la nourriture et celle qui tient de la concentration en établissant deux solutions isotoniques de glucose, nutritif par excellence, et de NaCl, sel indifférent. Les résultats ont été obtenus déjà après deux semaines.

Solutions isotoniques. (Planches 1—9.)

1. **Na Cl 0,2 %.**

Cellules isolées du type *Chlorella* ou *Polyedrium;* même proportion de petits cénobes du type *C. sphaericum* et *C. proboscideum.* Etat palmelloïde. Petits groupes de 3 à 7 cellules associées d'une manière quelconque.

2. **Na Cl 0,4 %.**

Presque toutes les cellules arrondies à 1, 2, 3 et jusqu'à 11 pyrénoïdes dans les cellules monstres. La majorité des cellules à l'état chlorelloïde, quelques cénobes du type *C. microporum* mais irréguliers pour la plupart. Un seul cénobe du type *C. proboscideum* a été trouvé par hasard.

Après un mois, les cénobes du type *C. microporum* et *C. sphaericum* deviennent très fréquents de même que l'état palmelloïde.

3. **Na Cl 0,6 %.**

Cellules isolées chlorelloïdes souvent réunies en petits groupes dans le plan ou dans l'espace (réseaux botryoïdes et coelastroïdes), 1, 2 à 6 pyrénoïdes.

4. **Na Cl 1 %.**

Cellules isolées à un ou plusieurs pyrénoïdes,chlorelloïdes ou irrégulières, monstrueuses. Cellules réunies par petits groupes en surface ou dans l'espace pour former des cénobes très irréguliers. Etat palmelloïde assez fréquent. Faible développement dans le flacon.

Glucose 1 %.

Cellules isolées beaucoup plus grandes en dimension, chlorelloïdes ou anguleuses. Cénobes assez nombreux et bien formés, de toutes les grandeurs. Prédominance du type *C. proboscideum,* parfois en état de désarticulation.

Glucose 2 %.

Cénobes assez nombreux de toutes les formes et de toutes les grandeurs, parfois géants (à 32 cellules et davantage), se rapprochant plutôt du type *C. sphaericum.* Cellules isolées très grandes et généralement chlorelloïdes. Etat palmelloïde.

Après un mois prédominance de cénobes du type *C. sphaericum* et *C. microporum.* Cellules isolées très rares. Cas de bipartition. Beaucoup de cellules sans pyrénoïde différencié dont la substance semble se répartir dans la cellule entière (du moins l'amidon: la cellule entière se colore par KI iodé).

Glucose 3 %.

Cellules isolées pour la plupart rondes. Cellules monstres provenant d'une déformation des cénobes non différenciés en cellules constitutives.

Après un mois, quelques cénobes du type *C. sphaericum* et *C. microporum;* cellules monstres. Etat chlorelloïde, orné souvent de protubérances en forme de boutons. Amas plus ou moins grand de cellules de toutes tailles disposées d'une manière quelconque. Pas de pyrénoïde visible généralement, mais tout le contenu cellulaire bleuissant avec KI iodé.

Glucose 5 %.

Cellules isolées chlorelloïdes présentant parfois des irrégularités très bizarres. Agrégats botryoïdes et état palmelloïde. Très peu de pyrénoïdes différenciés, leur substance se répartissant dans la cellule entière.

5.	Na Cl 2 %.	Glucose 10 %.
	Après deux semaines pas de développement visible. Après un mois, quelques rares cellules chlorelloïdes, très grandes, gorgées parfois de carotine.	Pas de développement.

Dans tous les autres milieux encore plus concentrés, il n'y avait plus trace de développement.

Résultats.

1. La nutrition abondante a pour effet la production considérable de grandes cellules, de même que l'augmentation du nombre d'individus composant un cénobe.

2. Avec l'augmentation de la concentration, les cellules deviennent de plus en plus arrondies et les cénobes de plus en plus irréguliers.

3. L'augmentation de la concentration favorise l'état palmelloïde.

4. La concentration favorise la formation des cellules monstres.

5. Avec l'augmentation de la concentration, les pyrénoïdes augmentent en nombre; avec la nutrition croissante, ils cessent de se différencier et leur substance paraît remplir la cellule entière.

6. Une très forte concentration provoque la formation de la carotine.

Nous pouvons ainsi voir dans les modifications morphologiques obtenues ce qui revient à la nutrition et ce qui est dû uniquement aux effets de la concentration. La nutrition augmente la grandeur des cellules et leur nombre dans un cénobe; l'augmentation de surface va donc de pair avec l'augmentation de volume et la surface spécifique n'en est guère modifiée. La concentration, par contre, favorise l'arrondissement des cellules, donc diminution de l'action de surface; encore ici nous arrivons par la voie strictement expérimentale aux résultats qu'on devait obtenir d'après la formule d'Ostwald comme réponse à l'augmentation de la viscosité. L'état palmelloïde appartient à la même catégorie de phénomènes : ici l'action de surface est diminuée encore par la gélification de la membrane, ce qui a d'autre part un effet contraire — la diminution du surpoids. La forme définitive de la cellule ou du cénobe à auréole gélifiée est probablement une résultante entre ces deux actions contraires.

Les cellules géantes réalisent également une diminution de l'action de surface. Nous avons pu à maintes reprises y constater la présence de plusieurs noyaux; ici donc, comme chez *Pediastrum Boryanum* (Chodat et Huber) et toutes les autres algues étudiées

en culture par Chodat, de même que pour les *Stichococcus* d'Artari (3) l'augmentation de la concentration ralentit la segmentation des cellules sans toutefois arrêter la croissance et la multiplication nucléaire. Ces cellules géantes présentent tantôt des états chlorelloïdes de dimensions exagérées, tantôt des cénobes avortés à contours irréguliers et cloisons mal formées. (Planches VIII et IX.) Ces derniers se retrouvent surtout dans les milieux sucrés où la disposition en cénobes semble persister plus que dans les milieux à NaCl à concentration correspondante. Toutefois, dans les milieux sucrés aussi bien que dans les solutions inorganiques un peu concentrées, nous avons souvent observé la dissociation des cénobes en cellules constituantes par simple décollement et en absence de toute cause mécanique extérieure. Souvent les cellules se séparaient et partaient pendant qu'on les dessinait à la chambre claire, tandis que d'autres cénobes à côté ne semblaient guère s'en apercevoir. Ce phénomène illustré par des dessins à la planche VI est en contradiction flagrante avec la théorie de Senn (1) sur la concrescence des cornes d'attouchement chez le *Coelastrum*, «denn die Cenobienzellen, — explique-t-il, — können nur durch mechanische Einflüsse von einander getrennt werden». Pour nous, les cellules seraient simplement unies par une substance mucilagineuse, les cénobes n'étant autre chose que, comme le dit Chodat (5), «une morphose induite par le milieu planctonique, c'est-à-dire l'eau très pure». Il est presque inutile d'ajouter que d'autres plantes cénobiées peuvent également se dissocier en cellules constitutives (*Scenedesmus*, *Pandorina*, *Gonium*, etc.), tandis que des types à cellules isolées forment dans certaines conditions des cénobes temporaires (états coelastroïdes des *Chlorella*, fascicules des *Raphidium*, association plus ou moins durable de *Ochromonas sociata*, de *Piramydochrysis modesta*, etc.). Si l'association en cénobes n'est qu'une morphose induite par un milieu donné et probablement en vue de faciliter la flottaison, il n'y a pas lieu de s'étonner qu'en modifiant le milieu en question on détruit l'équilibre morphologique correspondant. Cependant, toutes les cellules isolées ne proviennent pas uniquement de la désorganisation du cénobe; souvent nous avons vu les cellules expulser des spores isolées, ce qui a été déjà observé par Senn (1), d'autres fois nous avons vu aussi la bipartition du contenu (Chodat 1).

Nous avons mentionné dans le procès-verbal de nos expériences la présence dans la solution de glucose à 3 % des cellules munies de protubérances en forme de boutons. Ces mêmes productions ont été observées par Chodat (3) sur *Pediastrum* en solution saline concentrée, sur *Pleurococcus* et sur d'autres algues. Elles n'ont pas d'im-

portance pour la systématique et leur signification biologique n'est pas encore connue. D'après Chodat, ces « accidents de surface sont sans doute des sécrétions de la membrane, sécrétions qui contiennent des matières pectosiques ou qui en sont complètement formées». Nos connaissances là-dessus en restent là.

Nos expériences ne nous permettent pas de tirer des conclusions sur les concentrations limites; nous avons atteint le maximum de 2% de NaCl et entre 5 à 10% pour le glucose, tandis que pour Artari la limite ultime est de 22% pour le glucose et de 3 à 5% pour NaCl; par des adaptations successives à des concentrations croissantes, Richter (1) est arrivé même jusqu'à 13% de NaCl. Mais la question de concentration ne nous intéressait qu'en tant qu'elle déterminait les variations morphologiques des *Coelastrum*.

Nous avons ainsi enregistré d'abord l'influence de la concentration d'une solution nutritive; nous avons ensuite analysé les réactions de la plante pour séparer les réponses à l'augmentation de la concentration et celles qui se rapportent à la nutrition. Pour le moment, les résultats de nos expériences correspondent aux déductions purement théoriques de la formule d'Ostwald. Mais la viscosité varie aussi avec la température; nous avons donc essayé de voir comment réagirait notre algue si nous modifiions la température de la solution nutritive. Ayant constaté l'influence inhibitrice de la température sur les *Coelastrum* dans la solution inorganique Detmer, nous avons pris cette fois-ci Detmer $^1/_3$, plus fer, plus 2% de glucose. Six flacons se trouvaient placés dans le thermostat à la température constante de 25°, les autres six à 33°. Malgré la différence assez faible, les cultures avaient au bout de 15 jours un caractère différent très prononcé, comme il est aisé de se rendre compte en inspectant les planches X et XI.

Influence de la température. (Pl. X et XI)

Dans les milieux maintenus à *25°*, les cellules isolées prédominent; elles sont rondes ou anguleuses, souvent irrégulières, parfois géantes; assez rarement se trouvent des cénobes du type *C. proboscideum*, *sphaericum* et *microporum*.

A *33°*, les cénobes prennent le dessus; à cellules plus ou moins nombreuses, ils maintiennent de préférence le type *C. proboscideum;* les états botryoïdes même y sont pour la plupart appendiculés.

Etant donné que l'élévation de la température diminue la viscosité et augmente par là la vitesse d'immersion des corps flottants, la réaction des *Coelastrum* se trouve encore ici en correspondance complète avec la théorie d'Ostwald.

Après avoir étudié l'influence de la concentration, de la nourriture et de la température, abordons la question de l'influence de l'oxygène. Comme nos expériences étaient de nouveau en contradiction avec celles de Senn, nous avons tâché d'aborder ce problème d'une double manière. Dans une première série d'expériences, les *Coelastrum* se trouvaient dans un milieu liquide $^1/_3$ Detmer plus fer dans une série de récipients dont la surface variait de grandeur, ce qui permettait un accès plus ou moins grand d'oxygène; la seconde série d'expériences partait des milieux solides et nous y avons étudié la répartition des cénobes et des cellules isolées en profondeur. Les résultats obtenus étaient les mêmes pour les deux séries.

Influence de l'oxygène. (Pl. XII à XVII.)

Commençons par la première série. Pour réduire la surface au minimum et pour empêcher autant qu'il est possible l'accès d'oxygène, nous avons répandu sur la surface de la solution contenant nos algues, une couche assez épaisse d'huile; le *Coelastrum* se développe donc à l'abri de l'air. Toutes les observations ont été faites après un mois.

1. *A l'abri de l'air.* (Pl. XII.)

Cellules généralement isolées, pour la plupart chlorelloïdes, plus rarement dans le stade *Polyedrium*, gorgées d'huile et développant parfois de la carotine. Cénobes assez rares et imparfaits. Souvent les cellules s'associent en petits groupes de 2 à 4 cellules. L'huile à la surface du liquide ayant empêché l'évaporation, les cultures se sont maintenues telles quelles toute une année et le caractère morphologique des *Coelastrum* de même que leur vitalité n'en était nullement modifié.

2. *Tubes étroits de 0,7 cm. de diamètre.*

Les *Coelastrum* y ont formé un dépôt vert au fond à la distance de douze centimètres au niveau du liquide. L'accès d'air y est ainsi fortement amoindri. Or, on y trouve déjà des cénobes nombreux pour la plupart du type *C. proboscideum,* souvent déformés pourtant ou en train de se désarticuler. Cellules isolées du type *Polyedrium*, contenant quelquefois de l'huile, mais très raremen de la carotine.

3. *Eprouvettes.*

La section de l'éprouvette est deux fois plus grande, la distance du fond au niveau du liquide — deux fois moindre. On y trouve des cénobes nombreux du type *C. proboscideum*, mais généralement bien constitués. Les cellules isolées sont rares et toutes arrondies. Parfois des états botryoïdes à cellules rondes ou appendiculées.

4. *Tubes deux fois plus larges que l'éprouvette.*

Cénobes du type *C. proboscideum* et *C. sphaericum* quelquefois en train de se dissocier. Cellules isolées chlorelloïdes encore rares, mais plus nom breuses que dans les milieux précédents.

5. *Tubes quatre fois plus larges que l'éprouvette.*

Cénobes nombreux et variés du type *C. proboscideum*, plus rarement *C. sphaericum*. Cellules isolées arrondies beaucoup plus nombreuses.

6. *Vases Erlenmeyer* (surface deux fois plus grande). (Pl. XIII.)

Cénobes très nombreux du type *Coelastrum proboscideum*, mais de toutes les formes possibles. Cellules isolées très rares et alors rondes ou anguleuses.

7. *Vases Pétri.*

Cénobes et cellules isolées en nombre à peu près égal. Cénobes bien formés du type *C. proboscideum*, *C. microporum* ou *C. sphaericum* parfois en désarticulation. Cellules isolées pour la plupart chlorelloïdes.

Résultats.

Les cultures relativement anaérobies ou très pauvres en oxygène développent plutôt des cellules isolées plus ou moins gênées dans leur croissance et formant en conséquence de l'huile et de la carotine. Les cénobes y sont irréguliers et mal formés. — Une augmentation de la surface permettant un accès plus libre à l'air, a pour effet la production d'un grand nombre de cénobes réguliers. — Pour une très grande surface (vases Pétri), l'évaporation augmentant la concentration du milieu, il se développe un grand nombre de cellules isolées et rondes. Le contenu des tubes larges s'étant évaporé beaucoup plus vite que celui des flacons Erlenmeyer, c'est aussi à la concentration augmentée de la solution qu'il faut attribuer la présence de cellules isolées plus nombreuses qu'on ne s'y attendait.

Pour la seconde série d'expériences nous avons utilisé seulement des tubes très étroits et des éprouvettes. Dans trois tubes et trois éprouvettes se trouvait la solution Detmer $^1/_3$ solidifiée par agar-agar, les six autres tubes et éprouvettes contenaient la même solution additionnée de 2 % de glucose et solidifiée par le même procédé. L'ensemencement a été fait à l'aide d'un fil de platine très long et préalablement flambé qu'on tâchait d'enfoncer très profondément jusqu'à toucher le fond même du flacon. Après deux semaines, les algues développées ont été examinées et dessinées à la chambre claire en procédant par tranches successives du fond vers la surface; après un mois, les flacons restés ont subi le même sort. Sauf un développement plus intense au bout d'un mois, les résultats de deux observations ont été les mêmes et concordaient dans leur essence avec ceux de la première série. (Pl. XIV, XV, XVI, XVII.)

Sans sucre.	Milieux sucrés.
1. *Tubes étroits, dans la profondeur.*	
Cénobes du type *C. proboscideum* et *C. sphaericum*, cellules isolées chlorelloïdes ou polyédriques sans prédominance marquée. Développement très faible et plusieurs cellules désorgani-	Beaucoup de cellules isolées et pour la plupart rondes. Cénobes peu nombreux et généralement compactes, Un à trois pyrénoïdes dans les cellules. Après un mois encore plus de cel-

sées où on voit la dégénérescence. Après un mois, prédominance de cellules arrondies et de cénobes du type *C. sphaericum* et *C. microporum*.

lules isolées toutes rondes, quelquefois associées en un état botryoïde ou en un amas irrégulier. Développement assez intense jusqu'au fond du tube.

2. *Eprouvette, dans la profondeur.*
(deux fois moins profonde que le tube).

Mêmes caractères, mais le développement est plus intense et les cellules sont toutes normales. La proportion des cénobes augmente.

Beaucoup de cellules isolées du type *Chlorella* et surtout *Polyedrium*. Cénobes beaucoup plus nombreux du type *C. proboscideum* et *C. sphaericum* et parfois en dissociation. Prédominance marquée des cellules appendiculées. Développement intense.

3. *Développement à la surface.*

Prédominance très accentuée de cénobes du type *C. proboscideum* de toutes les formes possibles. Cellules isolées en petit nombre, pour la plupart du type *Polyedrium*. Après un mois, les cénobes du type *C. sphaericum* et les cellules chlorelloïdes deviennent un peu plus fréquentes, apparaissent même par exception des cellules monstres.

Dans les milieux sucrés, deux phénomènes se sont présentés : A la surface de la colonie, on trouvait presque exclusivement des cénobes de toutes les formes et de toutes les grandeurs possibles. Mais immédiatement au-dessous de la surface, au contact même de la surface du milieu solide, l'aspect général était tout autre : presque toutes les cellules étaient isolées et rondes, les cénobes et les amas irréguliers ne s'y trouvant qu'assez rarement, leur nombre en tout cas dépassant peu celui du fond des tubes étroits.

Résultats.

Encore ici nos *Coelastrum* ont montré qu'ils peuvent vivre en anaërobiose partielle, surtout en présence du sucre, en formant de préférence des cellules isolées. A mesure qu'on s'approche des couches supérieures du milieu solide, donc à mesure que la quantité d'oxygène augmente, augmente aussi la proportion des cénobes et des cellules anguleuses. Quant à la prépondérance marquée de cellules chlorelloïdes immédiatement au-dessous de la surface dans les milieux sucrés, on ne peut l'expliquer que par des conditions spéciales déterminées par une grande accumulation d'algues dans un espace restreint. Cette accumulation a pour effet d'une part d'augmenter la quantité de CO_2 par rapport à O, d'autre part, d'atténuer la lumière incidente; les cellules se trouvent ainsi atteintes à la fois dans les phénomènes de respiration et de l'assimilation.

Ainsi donc, l'oxygène semble avoir une influence sur la formation et la dissociation des cénobes des *Coelastrum*, mais nos expériences prouvent juste le contraire de ce que Senn a enregistré : les cénobes se forment de préférence au contact de l'air, tandis qu'en absence plus ou moins complète de l'oxygène les cellules isolées prédominent. La formation des cénobes en présence d'air a été déjà signalée par Grintzesco (1) : ayant observé dans les chambres humides où l'air pénètre difficilement une désagrégation de cénobes du *Scenedesmus acutus*, l'auteur a ensemencé son algue dans de l'eau ordinaire stérilisée et l'a fait croître dans le vide sous des cloches pneumatiques ; or, les cellules se sont divisées, mais « *au lieu de se disposer en cénobes, elles se sont complètement séparées les unes des autres* ou ont formé de petites chaînettes connues sous le nom de stade *Dactylococcus.* » L'auteur voit dans cette sorte de désagrégation une tendance à augmenter la surface en vue de respiration et d'assimilation, « car, moins la culture est aérée, plus les individus tendent à vivre complètement libres ». Signalons à propos que le vide obtenu par Grintzesco sous ses cloches pneumatiques n'est pas le vide absolu, et les traces d'air qui s'y trouvent suffisent encore pour permettre le développement du *Scenedesmus.* Les expériences ultérieures de Bialosuknia (1) montrent que les *Diplosphaera Chodati* se développent très bien sur le milieu Detmer $^1/_4 + 2\,\%$ de glucose dans des flacons à long goulot bien bouché qu'on emploie pour les cultures de *Bacillus butyricus* et autres organismes absolument anaérobiques; pourtant, si l'on met cette algue cultivée sur le même milieu dans l'appareil de M. Omeliansky, l'algue en question non seulement ne se développe pas, mais elle meurt complètement. Dans nos expériences aussi, nous ne sommes arrivé qu'à une anaérobiose partielle et incomplète.

L'influence que l'oxygène exerce sur la forme des cellules a été également étudiée par Matruchot et Molliard (1) : ayant cultivé *Stichococcus bacillaris* dans de l'eau ordinaire gélatinée, ces auteurs ont observé le décroissement régulier de la taille des cellules de haut en bas de la culture, le diamètre des algues en question étant environ 150 μ vers la surface et de 80 μ dans le fond du récipient. Les auteurs ont rattaché cette variation à la diminution graduelle de l'oxygène à mesure qu'on s'éloigne de la surface du milieu gélatiné et, pour justifier cette manière de voir, ils citent encore une observation à l'appui de leur thèse. Ainsi, lorsque le milieu gélatiné se dessèche et vient à se fendiller ou à se détacher du tube, on observe un accroissement notable de toutes les colonies qui se trouvent au voisi-

nage de la surface libre ainsi déterminée. Ayant obtenu avec du glucose à 3 % des colonies qui ne s'étendent qu'à un centimètre environ de la surface libre, les auteurs en concluent: « Dès maintenant, ces deux faits, développement plus considérable des colonies et absence de tout développement dans le fond de la culture, semblent être en corrélation; on comprend, en effet, que les grosses colonies de la zone superficielle utilisent peu à peu l'oxygène qui pénètre dans la gélatine et n'en laissent pas arriver dans une région un peu éloignée de la surface, empêchant ainsi l'algue de se développer dans cette région». Nous avons vu que nos *Coelastrum* se développent jusqu'au fond même du tube et d'autant plus intensément si le milieu est sucré. Mais ces divergences du résultat obtenu tiennent sans nul doute à ce que *Stichococcus* est une algue aérienne — donc aérophile, — tandis que *Coelastrum*, étant planctonique, a dans son milieu naturel déjà moins d'oxygène à sa disposition et peut même, comme nous l'avons vu, s'accommoder à l'absence plus ou moins complète de l'air.

Ici donc l'appauvrissement en oxygène amène à la formation de cellules de petite taille. Peut-être n'est-ce qu'une contradiction apparente: la diminution de taille n'implique pas nécessairement une diminution de surface et peut être envisagée dans les cas de *Stichococcus* comme un indice de dégénérescence d'une algue aérobie privée de l'élément qui lui est essentiel.

Mais que l'augmentation de la surface absolue soit ou non déterminée par la nécessité de respiration, un fait reste acquis: l'oxygène a une influence marquée sur la forme des algues ci-dessus, et, pour les deux algues cénobiées en question, — *Coelastrum* et *Scenedesmus* — contrairement à la thèse de Senn, la formation des cénobes est empêchée dans les milieux pauvres en oxygène. D'ailleurs, dans les eaux des lacs, la quantité de l'oxygène aussi faible soit-elle [5,63 cm. cube à la surface du lac de Genève d'après Delebecque (1)] est encore suffisante pour ne pas induire de variations morphologiques et pour permettre encore la formation des cénobes assurant à ces algues une meilleure suspension dans l'eau. Rien ne s'oppose à ce que l'augmentation de la surface ainsi réalisée n'ait sa valeur aussi au point de vue respiratoire, comme c'est le cas des feuilles laciniées. La séparation des cénobes en leurs cellules constitutives n'est que le résultat ultime de cette division.

Nous avons vu que dans les milieux additionnés de sucre la croissance était plus rapide et le développement plus intense que dans les milieux inorganiques; *Coelastrum* se plaît donc à la nourriture

organique, comme d'ailleurs la plupart des algues vertes, surtout celles des marécages. — Nous nous sommes demandé quelle serait la réaction de notre algue si nous lui fournissions aussi de l'azote sous forme organique. Ayant choisi la peptone, nous avons préparé des cultures avec et sans sucre avec une dose de peptone toujours croissante, en milieux liquides et solides, et nous avons exposé un certain nombre de nos cultures à la lumière et à l'obscurité, à la température normale de la salle et dans le thermostat à 30°.

Influence de la peptone. (Pl. XVIII et XIX.)

A. **Milieux liquides.**

I. **Lumière et température de la salle.**

1. **0,1 % de peptone.**

Cénobes du type *Coelastrum proboscideum* et *C. sphaericum* à cellules très nombreuses, quelquefois en dissociation. Agrégats botryoïdes. Cellules isolées chlorelloïdes fréquentes. Par ci par là des cellules géantes.

0,1 % peptone + 2 % glucose.

Beaucoup de cénobes de forme variée, quelquefois géants. Cellules isolées plutôt rares.

2. **0,2 % peptone.**

Cellules isolées chlorelloïdes, souvent géantes, quelquefois très irrégulières. Agrégats botryoïdes compactes à cellules parfois non différenciées en partie. De temps à autre, une association irrégulière dans le plan formée de cellules de grandeur différente. Pas d'état *Polyedrium* ni de cénobes.

0,2 % peptone + 2 % sucre.

Cellules chlorelloïdes isolées ou réunies en amas irréguliers par une gelée bien visible. Petit nombre de cénobes du type *C. proboscideum*, même *C. astroideum*, réguliers ou déformés. Beaucoup de cellules géantes et monstres résultant d'une déformation du cénobe plus ou moins prononcée.

3. **0,5 % peptone.**

Cellules isolées à plusieurs (3, 7, 16) pyrénoïdes, souvent géantes et monstrueuses. Formation d'huile et vacuolisation du contenu cellulaire. Parfois curieuse association en cénobes très irréguliers du type *C. sphaericum* et *microporum*, mais formés par des cellules de grandeur différente.

0,5 % peptone + 2 % glucose.

Cellules isolées rondes ou de forme très bizarre, parfois énormes. Amas irréguliers des cellules chlorelloïdes de toutes les grandeurs. Agrégats botryoïdes. Cénobes bien organisés plutôt rares.

4. **1 % peptone.**

Cellules chlorelloïdes généralement régulières à peu de chlorophylle. Contenu vacuolisé ou bourré d'huile. Développement dans le flacon assez faible.

1 % peptone + 2 % glucose.

Cellules plus grandes en général. Cénobes aussi grands et plus ou moins irréguliers. Développement dans les flacons beaucoup moins intense que dans d'autres milieux à glucose.

II. A l'obscurité.

Les cultures contenant le glucose se développent moins bien qu'à la lumière. Les cellules sont plus décolorées, mais les caractères de chaque solution restent les mêmes. Le développement dans les milieux ne contenant que de la peptone à l'exclusion du sucre est excessivement faible et présente certaines modifications.

0,1 % peptone: cellules chlorelloïdes, rarement irrégulières, à peu de chlorophylle. Gouttelettes d'huile.

0,2 % peptone: cellules très rares, presque incolores, gorgées d'huile.

0.5 % peptone: cellules très rares, vertes, remplies d'huile.

1 % peptone: cellules excessivement rares, vertes, remplies d'huile, de dimensions monstrueuses.

Ainsi, à l'obscurité, dans les milieux contenant déjà 0,1 % de peptone, les cellules sont toutes isolées et forment de l'huile en gouttelettes. L'effet nocif de la peptone s'accuse ainsi fortement dans l'obscurité.

Enfin, les cultures se trouvant dans un *thermostat à 30 %* et contenant du glycose se sont développées déjà suffisamment neuf jours après l'ensemencement; celles qui n'avaient que de la peptone ne se sont pas du tout développées. Au microscope, les caractères de chaque milieu se sont maintenus les mêmes à 30 % et à la température de la salle.

Comme intensité de développement dans les flacons (à la lumière et à la température de la salle), on peut comparer au milieu

de 0,1 % de peptone — 0,6 % de NaCl
0,2 % » » — 1 % » »

à 0,5 % et 1 % le développement est plus faible qu'à 1 % de NaCl, mais plus intense qu'à 2 % NaCl.

Après deux mois, tous les milieux contenant la peptone et du sucre se sont décolorés à la lumière (moins vite toutefois que les flacons à glucose sans peptone); par contre, les milieux ne contenant que de la peptone sans sucre (0,1 %, 0,2 %; les autres ont dû périr) sont restés verts. A l'obscurité, les milieux contenant 0,1 %, 0,2 % et 0,5 % de peptone additionnés de sucre sont également restés verts.

B. Milieux solides.

Pour solidifier les milieux, nous avons ajouté aux solutions 1/3 Detmer + peptone + sucre de l'agar-agar en proportion de 1,5 %. Les milieux ont été mis à la lumière et à l'obscurité. Les observations comme précédemment ont été faites chaque quinze jours.

1. **0,1 % peptone.**

Beaucoup de cellules isolées, du type *Chlorella* ou *Polyedrium*. Petits cénobes d'aspect *C. proboscideum*, *sphaericum* et surtout *microporum*.

0,1 % peptone + sucre.

Petits cénobes rares, mais réguliers, du type *C. proboscideum* et *C. sphaericum*, mais souvent des cellules rondes ou polyédriques formant des amas irréguliers dans le plan ou dans l'espace. Pyrenoïdes 1—2—3, plusieurs Cellules chlorelloïdes entourées souvent d'une épaisse auréole de gelée.

Aspect des colonies.

a) A la lumière:

Petites colonies vertes, d'un vert foncé, parfois légèrement plus clair au centre.

b) A l'obscurité:

Tracé du fil de platine; beaucoup plus rarement de très petites colonies (1 à 2 mm de diamètre) plus claires qu'à la lumière.

2. **0,2 % peptone.**

Cellules isolées rondes, parfois irrégulières. Agrégats botryoïdes à beaucoup de petites cellules chlorelloïdes. Cénobes très rares, du type *C. proboscideum*, *sphaericum* et *microporum*.

Aspect des colonies.

a) A la lumière:

Petites colonies vertes de toutes les grandeurs, mais généralement plus petites que dans les milieux de 0,1 % de peptone.

Aspect des colonies.

a) A la lumière:

Colonies assez grandes, décolorées au centre et passant graduellement vers la périphérie par les colorations suivantes: brun, rouge orangé, jaune, vert clair, vert foncé. D'autres colonies sont d'un vert olive au centre, vert clair tout autour, entourées d'une marge étroite d'un vert foncé extérieurement.

b) A l'obscurité:

Le centre est orangé, autour: une large bande rouge, ensuite une bande orangée plus étroite et une autre d'un brun clair très étroite. Le tout entouré d'un liseré vert clair. D'autres colonies encore ont une large surface orangée au centre avec une étroite bordure jaune qui passe graduellement vers l'extérieur en une bande plus large d'un vert clair.

0,2 % peptone + 2 % sucre.

Cénobes réguliers du type *C. proboscideum* et *sphaericum*, quelquefois étalés dans un plan ou en train de se dissocier. Cellules isolées pour la plupart chlorelloïdes à un ou plusieurs pyrénoïdes.

Aspect des colonies.

a) A la lumière:

Grandes colonies assez différentes: 1) petits centres rouges entourés d'une très large bordure verte devenant plus foncée vers les bords; 2) au centre, une bande large blanchâtre entourée d'une bordure orangée deux fois plus large encore, le tout ayant un liseré vert étroit vers la périphérie; 3) surface large, d'un blanc rosâtre, entourée d'une bande brunâtre plus foncée autour; 4) le centre est d'un vert foncé, entouré d'une bande rougeâtre plus étroite et vers l'extérieur d'une large bordure verte.

b) A l'obscurité :

Très petites colonies d'un vert clair, mais pour la plupart on ne voit que le tracé du fil de platine d'un vert très pâle.

3. **0,5 % peptone.**

Cénobes rares, plutôt réguliers, du type *C. proboscideum* et *sphaericum*, tendant même vers le type *C. pulchrum*. La plupart des cellules sont isolées, chlorelloïdes, très grandes, à plasma vacuolisé et développant parfois de l'huile. 1 à 2 pyrénoïdes.

Aspect des colonies:

a) A la lumière:

Très petites colonies plus claires que sur le milieu précédent, se décolorant vers la périphérie pour y former une marge brune et étroite.

b) A l'obscurité :

Faible tracé du fil de platine à peine verdâtre.

4. **1 % peptone.**

Grandes cellules chlorelloïdes isolées ou associées dans le plan en groupements quelconques et parfois entourées d'une gelée épaisse. Contenu parfois vacuolisé, un ou plusieurs pyrénoïdes, quelquefois non différenciés, le contenu entier alors se colorant par KI iodé.

b) A l'obscurité :

Du centre vers la périphérie se succèdent les zones : orangée, d'un brun clair, orangée, vert clair. D'autres fois le centre orangé est surélevé par une large bande ridée d'un vert clair ayant à sa base une bordure lisse d'un vert foncé.

0,5 % peptone + 2 % glycose.

Cénobes peu nombreux, du type *C. sphaericum* et *microporum*, constituées généralement par des cellules de différente grandeur. Agrégats botryoïdes. Cellules isolées arrondies de toutes les dimensions, parfois géantes et alors sans pyrénoïde différencié: le contenu entier de ces cellules se colore alors par KI iodé.

Aspect des colonies:

a) A la lumière:

Grandes colonies ayant: 1) une large surface rouge au centre surélevée par une bande large et ridée d'un vert clair ou d'un brun clair et entourée à sa base par une mince bordure d'un vert foncé; 2) le centre est formé par une surface rouge mamelonnée entourée d'une mince et profonde bande foncée, ensuite d'un anneau plus large orangé et vers la périphérie par une bande verte.

b) A l'obscurité:

Beaucoup de petits mamelons jaunes et verts ou uniquement verts ou encore rouges s'étendant alors sur une surface relativement grande et entourés d'une bande rugueuse verte.

1 % peptone + 2 % glycose.

Cellules isolées arrondies de toutes les dimensions, le plus souvent géantes, entourées pour la plupart d'une gelée plus ou moins épaisse. Pyrénoïde différencié rare.

Aspect des colonies: a) A la lumière: Tracé vert ou de très petites colonies vertes.	*Aspect des colonies:* a) A la lumière: 1) Petites colonies vertes au centre orangé; 2) colonies plus grandes, formant au centre une large surface lisse ou rugueuse d'un brun rougeâtre entourée d'une bordure verte; 3) surface orangée au milieu, parsemée d'îlots verts, entourée d'une bande étroite verte, d'une bordure rouge encore plus étroite et limitée à l'extérieur par un anneau vert un peu plus large.
b) A l'obscurité: Tracé vert à peine perceptible.	b) A l'obscurité: 1) Mamelons rouges, verts au bord; 2) mamelons jaunes au centre, entourés de deux bordures verte et rouge et supportés par un large anneau formé de mamelons verts; 3) colonies plates ayant une large surface orangée au centre et une bordure à la périphérie moins large et d'un vert foncé.

Résultats.

1. La peptone a une influence nocive sur le développement des *Coelastrum*: déjà à partir de 0,5 % les cellules se vacuolisent et se gorgent d'huile.

2. La dissociation des cénobes commence déjà à 0,1 % de peptone; dans toutes les autres concentrations, on ne trouve plus que des cellules isolées.

3. La peptone favorise la formation des cellules géantes et monstres.

4. La concentration de la peptone favorise la multiplication des pyrénoïdes.

5. L'influence de la peptone dans l'obscurité se traduit par la formation de l'huile déjà à partir de 0,1 % de peptone; le développement dans les flacons est beaucoup plus faible et les cénobes ne s'y forment plus.

6. L'élévation de la température tue les cultures dans les milieux peptonisés sans sucre.

7. Dans les milieux peptonisés solidifiés par agar-agar, les cénobes se forment en plus grande quantité, la sécrétion de la gelée est plus fréquente et le développement de l'huile est entravé.

8. Sur les milieux solides peptonisés, les *Coelastrum* forment de petits disques verts plus clairs à l'obscurité qu'à la lumière et devenant de plus en plus petits à mesure que la concentration en peptone

augmente jusqu'à marquer seulement le tracé du fil de platine pour 1 % de peptone à la lumière et de 0,1 % à 0,2 % de peptone dans l'obscurité.

9. L'addition du glucose à la peptone favorise la formation des cénobes et assure une plus grande vigueur aux cellules qui deviennent plus grandes et ne fabriquent plus d'huile.

10. La température de 30° favorise et accélère le développement des milieux peptonisés additionnés de sucre.

11. La présence de glucose favorise la perte de la chlorophylle à la lumière; les milieux, contenant, en outre, de la peptone se décolorent moins vite que ceux qui ne contiennent que du glucose seul.

12. Les milieux agarisés contenant de la peptone et du glucose ne renferment plus de grands cénobes réguliers; par contre, les agrégats botryoïdes et les cellules isolées entourées d'une gelée tout autour y sont fréquents.

13. Les milieux à beaucoup de peptone ont leurs colonies plus élevées (mamelonnées à l'obscurité) et entourés d'une bordure verte plus large que dans les autres cultures.

Ainsi donc, contrairement à ce qui arrive surtout chez les gonidies des lichens (Artari, 1, 2, 3, et Korniloff, 1) et même chez quelques algues libres pour de faibles concentrations de la peptone (*Scenedesmus*, *Stichococcus minor;* voir Chodat 5), les *Coelastrum* semblent être gênés dans leur développement par la présence de la peptone. Dans des concentrations déjà assez faibles, l'algue en question montre des états morbides, vacuolise son contenu, se remplit d'huile, se désorganise même. C'est aussi pourquoi les cultures à peptone ne supportent pas l'élévation de la température. Il est curieux de constater que déjà à 0,1 % de peptone les cellules isolées sont fréquentes, ce qui ne tient pourtant pas à la concentration puisque dans le même milieu additionné encore de 2 % de glucose les cénobes prédominent visiblement; à 0,2 % de peptone, il est déjà difficile de trouver un cénobe puisque nous n'en avons jamais trouvé un; dans le même milieu, additionné de 2 % de sucre, les cénobes sont en petit nombre, mais encore assez fréquents. Pourtant, ce n'est pas le sucre qui déterminerait l'association des cellules en cénobes; nos expériences dont il a été question plus haut sur l'influence comparée de glucose et de NaCl nous ont montré que, si dans les milieux sucrés les cénobes sont plus volumineux, ils disparaissent presque simultanément — donc pour la même concentration — dans les deux milieux en question. On pourrait donc attribuer la persistance des cénobes dans les milieux peptonisés et sucrés au fait que dans ces milieux les conditions d'exis-

tence sont en général plus favorables pour nos algues, puisqu'elles ont en leur disposition de l'azote organique et une quantité suffisante de sucre à brûler. La désarticulation des cénobes des *Coelastrum* en leurs cellules constitutives pourrait être considérée comme un premier indice de la morbidité, comme un état plus ou moins anormal. Dans les milieux peptonisés solidifiés par l'agar qui est tout de même un peu nutritif, les cénobes sont plus fréquents que dans les milieux correspondants liquides et la sécrétion d'huile y est aussi empêchée. (Planche XIX.)

Mais ce qui est surtout important dans cette série d'expériences, c'est l'influence que la peptone exerce sur la conservation de la chlorophylle. Dans nos expériences, les cultures sur des milieux sucrés se décolorent assez rapidement, celles qui se trouvent sur des milieux contenant du sucre et de la peptone en font autant, mais avec un retard notable; sur les milieux ne contenant que la solution nutritive initiale et la peptone en absence totale du sucre, les algues restent vertes. Ces résultats concordent d'ailleurs avec les expériences nombreuses de Chodat (5), de même qu'avec celles de Mendrecka (1) et l'explication de Chodat qui voit dans le phénomène de la décoloration un résultat de mauvais équilibre entre l'assimilation simultanée des sucres et la vitesse de synthèse des matières protéiques, s'applique intégralement au cas de notre algue.

Après avoir étudié l'influence de la peptone, nous avons essayé de voir quel effet auront sur le développement des *Coelastrum* les sels de calcium et de potassium. Comme sels de Ca, nous avons utilisé d'abord des concentrations croissantes de nitrate de Ca, ce qui augmentait à la fois la proportion des nitrates dans la solution, ensuite celles de carbonate de Ca qui rendaient dans des fortes concentrations le milieu plus ou moins alcalin. Comme sels de K, nous avons utilisé KCl. De plus, nous avons modifié la solution Detmer pour préparer le milieu exempt de sels de Ca et un autre sans K. Dans le premier cas nous avons pris

KNO_3	—	1 gr.
KCl	—	0,25
$MgSO_4$	—	0,25
KH_2PO_4	—	0,25

Le tout a été dilué au $^1/_3$ et additionné de Fe_2Cl_6 à 0,1 ‰.
Dans le second cas, le milieu était préparé comme suit:

$Ca(NO_3)_2$	—	1 gr.
$NaCl$	—	0,25
$MgSO_4$	—	0,25
Na_2HPO_4	—	0,25

cette solution de même a été diluée au $^1/_3$ et additionnée de fer.

Tous les milieux ont été étudiés après un mois.

Influence du calcium.

1. Solution Detmer modifiée (sans Ca) au $^1/_3$.

Cénobes de taille normale parfois irréguliers; type *C. sphaericum* prédomine. Cellules isolées presque aussi nombreuses que les cénobes, souvent très grandes, même monstrueuses, à 1, 2, jusqu'à 7 pyrénoïdes. Dissociation des cénobes assez fréquente; quelquefois à l'intérieur des cénobes commence une décoloration et une réduction d'une des cellules constituantes qui finira par mourir; c'est l'endroit par lequel le cénobe commencera par se désagréger. Cellules incolores assez fréquentes.

A. $Ca(NO_3)_2$.

2. Solution Detmer normale au $^1/_3$ plus 0,25 ‰ de Ca.

Cénobes pour la plupart du type *C. sphaericum* et *microporum* de toutes les dimensions, se dissociant plus ou moins, mais assez rarement encore. Agrégats botryoïdes appendiculés. Cellules isolées peu fréquentes et toutes chlorelloïdes.

3. 0,5 de $Ca(NO_3)_2$ ‰.

Petits cénobes du type *C. proboscideum*, *sphaericum* et le plus souvent *microporum*. Amas botryoïdes à cellules arrondies ou appendiculées; assemblages irréguliers de toute espèce de cellules dans le plan ou dans l'espace. Cellules isolées pour la plupart chlorelloïdes.

4. 0,75 ‰ de $Ca(NO_3)_2$.

Cénobes *C. proboscideum*, *sphaericum* et *microporum* aussi nombreux que les cellules isolées, mais semblant avoir des dimensions plus grandes — comme apparence générale — que ceux du milieu précédent. Tous les autres caractères sont les mêmes.

5. 1,25 ‰ de $Ca(NO_3)_2$.

Cénobes de toutes les formes et de toutes les grandeurs, souvent en dissociation plus ou moins prononcée, de sorte que toutes les cellules deviennent parfois indépendantes les unes des autres tout en gardant leur situation respective dans l'espace (comme dans la planche XIII). Quelques cénobes du type *C. astroideum*. Beaucoup de cellules isolées du type *Chlorella* ou *Polyedrium*.

6. 1,75 ‰ de $Ca(NO_3)_2$.

Cénobes et cellules isolées en nombre égal. Cénobes bien formés, souvent très grands. Développement dans les flacons aussi intense que pour d'autres concentrations.

B. $CaCO_3$.

7. 0,25 ‰ de $CaCO_3$.

Cénobes du type *C. proboscideum* nombreux et très variés, rarement en dissociation. Cellules isolées très rares, peut-être résultant uniquement des désagrégations fortuites.

8. 0,5 ‰ de $CaCO_3$.

Cénobes très grands, pour la plupart réguliers, quelquefois pourtant en dissociation et constitués généralement par des cellules un peu plus arrondies que ce n'est le cas pour le *Coelastrum proboscideum*, tout en s'écartant très peu de ce type. Cellules unies par deux, quatre, mais rarement complètement séparées.

9. 0,75 ‰ $CaCO_3$.

Grands cénobes du type *C. proboscideum*, plus rarement *C. sphaericum*, avec tendance au *C. microporum*. Pas de cellules isolées. La réaction du milieu est faiblement alcaline.

10. 1 ‰ $CaCO_3$.

Encore de grands cénobes du type *C. sphaericum*, *proboscideum* et *microporum* à beaucoup de cellules constitutives, mais tendant à devenir irréguliers et souvent en dissociation. Très peu de cellules isolées du type *Chlorella* ou *Polyedrium;* réaction alcaline faible.

11. 1,5 ‰ $CaCO_3$.

Développement dans le flacon encore intense, mais déjà moindre que précédemment. Réaction alcaline un peu plus forte. Cénobes nombreux de toutes les formes, avec prédominance des *C. proboscideum*, souvent très grands et à beaucoup de cellules. Cellules isolées très rares, toutefois plus fréquentes que dans les milieux précédents.

Nous n'avons pas essayé d'expérimenter avec des concentrations plus fortes.

Résultats.

1. Les sels de Ca dans les proportions données favorisent le développement des *Coelastrum*.

2. Dans les milieux contenant les sels de nitrate de calcium il y a une grande quantité de cellules isolées, mais avec les concentrations croissantes de ce sel augmentent aussi le nombre et les dimensions des cénobes.

3. Le carbonate de calcium incite à la production de très grands cénobes surtout du type *C. proboscideum*. Les cellules isolées deviennent de plus en plus rares avec les concentrations croissantes de ce sel.

4. L'absence de Ca favorise la dissociation des cénobes, la formation des cellules monstres et la décoloration des cellules.

Nous voyons que les sels de Ca favorisent avant tout la formation des cénobes. Contrairement à ce qui arrive avec des concentrations croissantes de tout autre sel, le nombre de cénobes augmente

avec la teneur des milieux en $Ca(NO_3)_2$ ou en $CaCO_3$. Ce fait curieux pourrait trouver son explication dans le rôle que le Ca semble jouer dans la formation et la consistance des membranes végétales : la présence de ses sels dans le milieu nutritif rend le décollement des cellules des *Coelastrum* plus difficile. Quant à la valeur nutritive des sels de Ca, rappelons à ce propos que, d'après les expériences d'Adjaroff, faites dans les éprouvettes parafinées, le Ca est nécessaire au développement de *Stichococcus* et de *Chlorella*, mais pour ces dernières, à partir d'une certaine concentration, il devient un poison. Artari (3) de même indique que les sels de Calcium accélèrent la croissance des Chlamydomonadinées, surtout si ces algues ont à leur disposition du sucre. Dans le cas de *Coelastrum*, nous avons pu voir aussi cet effet accélérateur soit pour le développement en général, soit sur les dimensions des cellules; si, en absence de calcium, le développement se fait tout de même, il n'est ni si intense, ni si régulier qu'en présence de sels de calcium; aussi n'avons-nous pas pris toutes les précautions nécessaires pour éliminer les ions de Ca sans en laisser trace aucune. Cette influence des sels de Ca est d'autant plus curieuse que notre *Coelastrum* vient d'un marécage tourbeux. Encore ici nous sommes d'accord avec Chodat (3) lorsqu'il dit : « L'indépendance complète de certaines algues vis-à-vis des concentrations calciques me paraît peu probable. Ce qui l'est plus, c'est le danger que fait courir à beaucoup d'entre elles une trop forte proportion de ces sels. Les algues des tourbières à *Sphagnum* craignent les eaux calcaires et ne s'y laissent le plus souvent pas cultiver (*Coelastrum microporum*, Desmidiées, etc.) »

Signalons encore que la décoloration de plusieurs cellules dans la solution privée des sels de Ca peut être due, comme le suggère Bokorny (cité d'après Chodat 3) « à une rétrogradation des chromatophores qui, selon Loew, contiendraient des combinaisons nucléinocalciques. »

Passons maintenant aux expériences sur l'influence des sels de K.

Influence du potassium.

1. Solution Detmer modifiée (sans K) au $^1/_3$.

Cénobes réguliers du type *C. proboscideum* parfois beaucoup plus pâles qu'à l'ordinaire ou à contenu très divisé. Pas de cellules isolées.

2. Solution Detmer normale au $^1/_3$ + 0,25 ‰ de KCl.

Cénobes de toutes les formes : *C. proboscideum, C. sphaericum* et *C. microporum*, souvent des associations irrégulières des cellules ou encore des agrégats botryoïdes. Assez grand nombre de cellules isolées et de cénobes en train de se dissocier. Quelques cellules monstres.

3. 0,5 ‰ KCl.

Les cénobes ne sont plus aussi réguliers pour la plupart; les types *C. sphaericum* et *C. microporum* prédominent. Beaucoup de cellules rondes ou irrégulières.

4. 0,75 ‰ KCl.

Cénobes généralement très irréguliers, à cellules plus ou moins arrondies. Les cénobes du type *C. proboscideum* sont rares, mais plutôt réguliers. Grand nombre de cellules isolées.

5. 1,25 ‰ KCl.

Développement dans les flacons moins intense. Peu de cénobes, presque tous du type *C. sphaericum* et *C. microporum*. Etat botryoïde. Cellules isolées nombreuses, quelquefois très déformées, à 1, 2, 3, jusqu'à 6 pyrénoïdes.

6. 1,75 ‰ KCl.

Développement dans les flacons très faible. Presque toutes les cellules sont isolées, à 1, 2, 3 pyrénoïdes. Petits cénobes très rares et pour la plupart irréguliers.

Résultats.

1. L'augmentation de la concentration de KCl favorise le développement des cellules isolées et a une influence inhibitrice sur la formation des cénobes.

2. L'absence de potassium se traduit par une altération partielle du contenu cellulaire.

3. Les proportions croissantes de KCl amènent la multiplication des pyrénoides et la formation des cellules monstres.

Nos *Coelastrum* se comportent ainsi, dans cette série d'expériences, comme s'il ne s'agissait que d'une augmentation de concentration en général; la réaction est seulement plus rapide, car elle commence déjà à 0,25 ‰ de KCl. En absence de sels de potassium, l'algue se développe, mais ses cellules sont plus ou moins altérées. Il n'est pas exclu que si l'on avait empêché la dissolution du verre par la solution nutritive en l'isolant par une couche de paraffine et si l'on prenait des sels chimiquement purs et recristallisés avec de l'eau distillée dans les cornues métalliques — autant de précautions qu'Adjaroff en a pris pour les *Stichococcus* — il n'y aurait pas eu développement en absence de sels de K. De fort petites quantités de ce sel peuvent suffire pour rendre possible le développement des *Coelastrum*.

Nos résultats sur l'influence qu'exercent les sels de K et de Ca n'ont fait qu'effleurer une quantité de questions très intéressantes que nous nous proposons d'étudier dans nos recherches ultérieures. A quoi tient l'influence accélératrice des sels de Ca? Quel est le rôle que ces

sels jouent dans les phénomènes de nutrition, de la conservation de la chlorophylle, de la formation et désagrégation des cénobes? Pourquoi l'élimination complète de ce sel empêche-t-elle le développement? Quel est le minimum requis et le maximum qu'on peut atteindre en habituant notre algue des tourbières, considérée, par conséquent, comme calcifuge, aux concentrations croissantes de ce sel? Quelles seront les modifications produites par l'excès de Ca? Quant au K, s'il se comportait vraiment comme un sel indifférent et si son action se limitait uniquement à l'augmentation de concentration, comme il semble résulter de nos expériences encore trop sommaires, comment se fait-il qu'en absence de ces sels le contenu cellulaire des *Coelastrum* se trouve être altéré? Il semble donc jouer un rôle dans les échanges nutritifs: quel est ce rôle et quelles sont les concentrations limites de ces sels?

Nous ne doutons pas qu'au fur et à mesure que ces questions seront travaillées plus à fond, il en surgira une quantité d'autres non moins intéressantes et méritant toute l'attention des expérimentateurs. Le champ d'investigation est vaste et le travail n'y manquera pas.

Nous avons étudié en dernier lieu l'influence des acides et des alcalis sur le développement et la morphologie des *Coelastrum*. Comme acides, nous avons utilisé le phosphate-acide de potassium, l'acide tartrique et l'acide chlorhydrique; comme base — la soude caustique. Les résultats ont été enregistrés trois semaines après l'ensemencement.

A. **Influence du phosphate-acide de potassium.** (Pl. XX.)

1. **0,25 ‰ de H_2KPO_4.**

Cénobes de taille moyenne, de toutes les formes possibles, mais à cellules plutôt obtuses. Cellules isolées pour la plupart chlorelloïdes, mais aussi anguleuses et quelquefois associées en groupements arbitraires.

2. **0,5 ‰ de H_2KPO_4.**

Cénobes plutôt petits du type *C. proboscideum* et *C. sphaericum*, tendant à devenir irréguliers et se désarticulant assez facilement. Cellules isolées en petite quantité du type *Chlorella* et *Polyedrium*.

3. **0,75 ‰ de H_2KPO_4.**

Cénobes tous de taille réduite, à tendance vers *C. proboscideum* et n'ayant pour la plupart que 8 cellules constitutives; d'autres en ont aussi 7,4 ou 3. Cellules isolées encore rares du type *Chlorella* ou *Polyedrium*.

4. **1,25 ‰ de H_2KPO_4.**

Petits cénobes dont un seul a été trouvé à plus de 8 cellules; les autres en ont pour la plupart 4. Tendance générale vers le type *C. sphaericum*. Cellules isolées rondes ou anguleuses, à peine plus fréquentes que dans les milieux précédents.

5. 1,75 % de H_2KPO_4.

Mêmes caractères que dans les milieux précédents. Cénobes à 8 cellules au maximum, du type *C. sphaericum* pour la plupart ou formant de petits groupes botryoïdes à 8 ou 4 cellules appendiculées. Cellules isolées assez nombreuses et presque toutes arrondies.

Résultats.

Les concentrations croissantes de phosphate-acide de potassium amènent à la réduction de taille des cénobes et à la diminution marquée du nombre des cellules constitutives. Avec l'augmentation de la concentration de ce sel, les cellules tendent en partie à s'arrondir et à se séparer les unes des autres.

B. Influence de l'acide tartrique.

1. 0,1 ‰ acide tartrique.

Cénobes assez grands et réguliers du type *C. probos cideum* et *sphaericum* quelquefois en dissociation complète, aboutissant au décollement de toutes les cellules constitutives dont la distribution dans l'espace indique encore la forme de l'ancien cénobe. Très peu de cellules isolées, toutes anguleuses.

2. 0,2 ‰ de l'acide tartrique.

Cénobes encore assez grands du type *C. proboscideum* et *sphaericum*, mais tendant déjà à devenir irréguliers, quelquefois en dissociation. Très peu de cellules isolées, provenant peut-être toutes de cénobes désarticulés.

3. 0,5 ‰ acide tartrique.

Cénobes pour la plupart de très petites dimensions. Etat botryoïde et palmelloïde. Parfois des cellules séparées ou associées dans l'espace de façon à rappeler des cénobes incomplets. Cellules isolées chlorelloïdes ou polyédriques assez nombreuses et souvent à deux pyrénoïdes. Développement moindre qu'ailleurs, mais encore assez intense dans quelques flacons; dans d'autres, il n'y a point de développement.

Dans toutes les autres concentrations plus élevées tout développement de l'algue cesse.

Résultats.

1. Une concentration croissante de l'acide tartrique amène à la diminution des dimensions des cénobes et de leur quantité; les cellules isolées, par contre, deviennent de plus en plus fréquentes.

2. Dans les concentrations voisines des concentrations limites, les cellules tendent à avoir deux pyrénoïdes et deviennent parfois irrégulières.

C. Développement dans l'acide chlorhydrique.

Dans tous les milieux contenant Detmer $^1/_3$ et HCl à partir de 0,1 ‰, aucun développement n'a pu être décelé.

En jetant un coup d'œil rétrospectif sur les trois essais de culture des *Coelastrum* dans les milieux acidulés, nous pouvons tirer la conclusion suivante : les milieux acides sont en général assez peu favorables au développement de notre algue. Au point de vue morphologique, les *Coelastrum* réagissent à la présence des acides dans la solution en réduisant la dimension des cénobes et en diminuant le nombre des cellules constitutives. Cette réaction est générale et très caractéristique.

Il nous reste encore pour finir l'exposé de nos expériences à voir l'influence des alcalis sur le développement des *Coelastrum*. La solution de $^1/_3$ Detmer + Fe a été neutralisée tout d'abord par la soude caustique et les quantités croissantes de NaOH ont été additionnées au milieu déjà neutralisé.

Influence de l'alcalinité.

1. 0,1 ‰ de NaOH.

Trois ou quatre semaines après l'ensemencement, la réaction du milieu n'est plus que très faiblement alcaline. Cénobes de toutes les formes, même du *C. cubicum*, et de toutes les grandeurs, souvent énormes et parfois en dissociation. Cellules isolées rares. Le contenu des cellules est souvent morcelé et se colore alors entièrement par KI iodé. Parfois la coloration des cellules devient jaunâtre.

2. 0,3 ‰ NaOH.

La réaction du milieu est encore faiblement alcaline. Développement, dans le flacon, intense. Plusieurs cénobes de toutes les formes ayant un nombre variable de cellules. Cellules isolées en majorité, pour la plupart arrondies, se multipliant par rajeunissement ou bien divisant leur contenu en de petits agrégats botryoïdes dont les cellules constitutives partent parfois une à une. Contenu cellulaire rarement divisé. Produits de bipartition.

3. 0,5 ‰ NaOH.

Réaction du milieu plus alcaline qu'avant et le développement dans le flacon est un peu moins intense. Les cénobes sont peu nombreux, pour la plupart petits et irréguliers. Souvent les cellules sont unies par deux ou trois ou davantage sans rappeler par leur disposition la forme des cénobes. Beaucoup de cellules chlorelloïdes à un, deux, trois ou quatre pyrénoïdes normaux, parfois sans pyrénoïde, se colorant alors entièrement par KI iodé. Agrégats botryoïdes compacts ou cénobes à quatre cellules groupées dans l'espace et adhérentes les unes aux autres. Cas de bipartition.

4. 1 ‰ NaOH.

Réaction du milieu nettement alcaline. Développement dans le flacon faible. Cellules isolées chlorelloïdes vertes à contenu parfois divisé. Petits cénobes compacts à six cellules au maximum rappelant plutôt des états coelastroïdes des *Chlorella*.

Résultats.

1. Les *Coelastrum* cultivés dans un milieu alcalin produisent bientôt une neutralisation partielle de ce milieu. Les solutions alcalines leur conviennent plus que les solutions acides.

2. L'augmentation de l'alcalinité a pour effet la production de cellules isolées et arrondies. Toutefois, les petits cénobes se trouvent encore en assez grande quantité — même à 1 ‰ de Na OH.

3. L'augmentation de l'alcalinité a pour résultat la formation de cénobes de plus en plus irréguliers et de plus en plus compacts. Les cas de rajeunissement et de bipartition deviennent plus fréquents avec les concentrations croissantes de Na OH.

Nous trouvons chez Artari (3) quelques indications sur l'influence des acides et des bases sur le développement des algues. En cultivant *Chlorella communis* dans des solutions faiblement alcalines de NH_4NO_3, cet auteur s'est aperçu que ces solutions devenaient acides avec le temps; il s'est expliqué ce phénomène en supposant que NH_3 était employé par ces algues qui laissaient ainsi HNO_3 libre, explication qui ne s'applique évidemment pas au cas de notre algue neutralisant Na OH. La réaction alcaline, d'ailleurs, avait une influence favorable sur le développement, mais une forte alcalinité arrêtait la croissance (à 5 % de K_2HPO_4 pour *Chlorella*, tandis que le phosphate acide de potassium arrêtait déjà le développement à 2 %). Ces résultats concordent ainsi avec les nôtres. Mais il n'en est pas de même pour toutes les algues, car, d'après le même auteur, *Stichococcus bacillaris* s'accommode plutôt aux solutions acides, de même que le *Chlamydomonas Ehrenbergii* (Artari 4), dont la croissance même provoque une augmentation de l'alcalinité, ce qui neutralise plus ou moins les milieux acides.

Après avoir fini nos expériences, nous avons choisi quelques flacons à contenu complètement desséché, arrivés à former une croûte rouge brique fortement adhérente au fond des Erlenmeyer et qu'il était difficile à enlever même en grattant le fond avec le scalpel. En y ajoutant un peu d'eau, nous avons pu observer comment les cénobes et les cellules gorgées de carotine et complètement desséchées sont peu à peu revenus à la vie active. Nous avons vu dans chaque cellule isolée ou faisant partie des cénobes, l'huile se ramasser en une goutte sphérique refoulée de côté et démasquant une partie de la cellule verte et normale; cette partie délivrée s'individualisait et sortait tantôt comme une cellule isolée, tantôt — beaucoup plus souvent encore et surtout dans les milieux dont la concentration initiale n'a pas

été trop élevée — en se divisant et en formant un nouveau petit cénobe tout à fait normal. La goutte d'huile et la carotine y dissoute restait à l'intérieur de la vieille membrane abandonnée ou se répandait dans le milieu liquide. Un mois après l'addition de l'eau distillée, le contenu du flacon était déjà d'un vert frais et on y trouvait rarement des cellules rouges ou à membrane fortement épaissie. Ce curieux pouvoir de reviviscence doit jouer un rôle très important dans la vie des *Coelastrum* dans la nature. Si, à un moment donné de l'année, les mares où notre algue vit se déssèchent complètement, même pour une période assez longue, l'existence de l'espèce n'en est nullement compromise. Avec les premières pluies, les *Coelastrum* acquièrent de nouveau leur aspect normal en passant de l'état latent à la vie active, ne différant en rien des *Coelastrum* vivant continuellement dans des conditions propices à leur développement.

Nous croyons pouvoir tirer de nos expériences les conclusions suivantes :

1. *Coelastrum proboscideum* Bohl. est une algue excessivement polymorphe, pouvant revêtir au cours de son développement des stades variés rappelant d'autres espèces et même d'autres genres. Ainsi nous avons pu voir, à côté des cénobes typiques *C. proboscideum*, des formes ressemblant à *C. sphaericum*, *microporum*, *cubicum*, *astroideum*, voire même *scabrum;* la même algue formait des états botryoïdes compacts, à cellules arrondies ou appendiculées; enfin, elle se présentait très souvent sous forme de cellules isolées ne différant en rien de *Chlorella* et de *Polyedrium* typiques.

2. Ces variations peuvent être considérées comme autant de réactions morphologiques vis-à-vis des différents milieux, puisqu'à chaque milieu donné correspond un ensemble de variations d'un type déterminé. La plante, dont nous nous sommes occupée, montre ainsi un polymorphisme oecogénique très prononcé.

3. Les *Coelastrum* se présentent ordinairement sous la forme des cénobes, mais ces cénobes peuvent se désarticuler en leurs cellules constitutives arrondies ou polyédriques, phénomène très fréquent dans les milieux à concentrations croissantes et indépendant des actions mécaniques extérieures.

4. Les cénobes se trouvent surtout dans des milieux à faible concentration ou bien à une température élevée. Comme l'élévation de la température et la diminution de la concentration diminuent tous

les deux la viscosité du milieu, nous sommes arrivé par la voie expérimentale aux résultats que faisaient prévoir les déductions théoriques d'Ostwald.

5. La nutrition a pourtant aussi une influence sur la production des formes d'involution en tant qu'elle détermine une augmentation de taille des cellules isolées et surtout un plus grand nombre d'individus composant un cénobe.

6. La respiration enfin semble aussi avoir une influence sur la morphologie des *Coelastrum*; en anaérobiose plus ou moins complète se forment de préférence les cellules isolées, en présence d'oxygène les cénobes. La désagrégation des cénobes semble avoir pour conséquence l'augmentation de la surface en vue d'une meilleure respiration.

7. La peptone a une influence plutôt nocive sur les *Coelastrum* et provoque chez ces algues la secrétion d'huile et la désarticulation des cénobes. Par contre, dans les milieux peptonisés, même en présence des sucres, l'algue conserve longtemps sa chlorophylle.

8. Les sels de calcium, en proportion de 0,25 à 1,75 ‰, accélèrent le développement des *Coelastrum* et augmentent les dimensions des cellules isolées et des cénobes.

9. Les sels de potassium dans la proportion de 0,5 à 1,75 ‰ ont une influence inhibitrice sur la formation des cénobes, mais en absence de KCl le contenu des cellules est plus ou moins altéré.

10 Les acides dilués exercent plutôt une influence peu favorable sur le développement des *Coelastrum;* les cénobes y deviennent de plus en plus petits et le nombre des cellules qui entrent dans leur composition diminue aussi progressivement.

11. Les alcalis, par contre, dans la proportion de 0,1 à 0,5 ‰ de NaOH après neutralisation du milieu, exercent une influence plutôt favorable sur le développement des *Coelastrum* et deviennent avec le temps partiellement neutralisés.

Partie systématique.

1. Revision systématique du genre Coelastrum.

Le genre *Coelastrum* (du grec « κοίλος » = creux et « astrum » = étoile) a été fondé en 1849 par Nägeli (1) qui y a distingué deux espèces : *Coelastrum sphaericum* à cénobes sphériques ou ovales formés de cellules coniques, et *Coelastrum cubicum* à cénobes cubiques formés de huit cellules dont chacune se termine par trois prolongements obtus. Sans connaître le mode de reproduction du nouveau genre en question, l'auteur rapproche *Coelastrum* des *Hydrodictyon* et surtout des formes perforées de *Pediastrum*, tout en indiquant que la parenté avec les *Pediastrum* lui semble être plus proche grâce à la forme des cellules, leur situation réciproque et leur contenu.

Les premières indications de la reproduction des *Coelastrum* se trouvent déjà trois ans plus tard chez Pringsheim (1); cet auteur indique que le *Coelastrum* peut isoler ses cellules qui sont alors toujours sphériques; c'est seulement lorsque les cellules s'associent en cénobes qu'elles s'aplatissent à l'endroit de contact et qu'elles prolongent les parois cellulaires restées libres en cornes plus ou moins allongées et obtuses. Ces cornes peuvent d'ailleurs manquer et c'est pourquoi l'auteur suppose que *Coelastrum cubicum* et *sphaericum* peuvent former une même espèce. La multiplication s'y fait par division du contenu qui peut être simultanée ou successive: dans le premier cas se forment les cénobes; dans le second, les cellules isolées. Le produit de la division simultanée sort entouré d'une auréole mince de gelée qui manque généralement autour des cellules isolées. Les cellules jeunes possèdent chacune un grand noyau bien visible (probablement un pyrénoïde!) qui disparaît avant la division; quelques individus en ont deux, d'autres point. Les cellules isolées en sont dépourvues. (Probablement l'auteur n'avait eu sa disposition qu'un nombre très restreint d'individus et n'a pas vu des cellules isolées à pyrénoïde bien défini qui forment pourtant la majorité). Le cénobe jeune s'organise déjà définitivement à l'intérieur de la cellule mère et s'y agrandit en faisant éclater la membrane. Chaque cellule de *Coelastrum* correspond aux microgonidies des *Hydrodictyon* devenues immobiles et pouvant vivre indépendamment, comme c'est d'ailleurs le cas chez les *Hydrodictyon:* « Hierdurch wird Nägelis glückliche Auffassung

des ganzen Netzes von *Hydrodictyon* als einer Familie einzelliger Individuen und seine Betrachtung von *Hydrodictyon*, *Coelastrum*, *Pediastrum* und den übrigen durch eine umschliessende Gallertblase in Familien zusammengehaltenen Palmellaceen als einzellige Algen trotz der öfters bestimmten Gestaltung der ganzen Familie als natürlich erwiesen und dem im System bald vereinzelt stehenden, bald neben unverwandten Formen untergebrachten Wassernetze sein naturgemässer Platz neben *Protococcus*, *Palmella* u. s. w. angewiesen. »

En 1855, A. Braun (1) ajoute aux deux espèces de Nägeli une troisième qu'il nomme *Coelastrum microporum*. Cette espèce a des cellules sphériques réunies en un cénobe compact presque sans interstices. La formation de nouveaux cénobes s'y fait par division successive dans le sens de Pringsheim.

En 1863, Rabenhorst (1) adopte les espèces *C. cubicum* et *sphaericum* de Nägeli et signale pour les deux de nouvelles stations près Dresde et en Bohême, mais une année plus tard (2) il se décide de réunir ces deux espèces en une seule qu'il nomme *C. Nägelii*. Les dessins qu'il en donne rappellent d'ailleurs beaucoup le *C. proboscideum*.

De Notaris (1) décrit en 1867 une nouvelle espèce nommée *C. astroideum*, à cellules semi-ovoïdes, acuminées, disposées en croix ou en étoiles et s'unissant par des becs mamiliformes. L'auteur range les *Coelastrum* dans les Pédiastrées avec *Scenedesmus*, *Pediastrum* et *Orthopedium*.

En 1867, P. Reinsch (1) décrit le *C. robustum* (Hantsch) Reinsch qui diffère du *C. sphaericum* uniquement par sa membrane plus épaisse et par ses plus grandes dimensions.

Archer (1) une année plus tard y joint encore une espèce, *C. cambricum*, à cénobes sphériques et cellules polygonales terminées par une verrue tronquée au sommet. Cette espèce, figurée pour la première fois par Wolle, diffère du *C. cubicum* Naeg. par la présence d'un seul prolongement libre, court et conique.

En 1877, Reinsch (2) décrit un *Sphaerastrum (Coelastrum) verrucosum*, à cellules arrondies, ornées de plusieurs verrues irrégulières. L'année suivante, le même auteur (3) décrit encore une autre espèce — *Coelastrum scabrum*, à cénobes sphériques ou cubiques, à cellules ornées de prolongements plus fermes que dans l'espèce précédente, au nombre de 3 à 6 seulement, et disposés régulièrement sur le pourtour de la cellule. Ces prolongements sont couverts de ponctuations au sommet. Peut-être un nouveau genre décrit dans le même ouvrage — *Lymnodictyon* — serait-il aussi un cénobe du *Coelastrum* en voie de dissociation.

Klebs (1) en 1883 met les *Coelastrum* dans les Hydrodictyées et indique pour ce groupe des macrozoospores s'organisant en cénobes déjà à l'intérieur de la cellule mère et des microzoospores ou gamètes. L'auteur y met les *Hydrodictyon*, *Pediastrum*, *Coelastrum*, *Sorastrum* et peut-être aussi *Sciadium*.

Falkenberg (1) fait de même en rapprochant les *Coelastrum* des *Hydrodictyon*: les deux formeraient des zoospores qui s'organiseraient en cénobes à l'intérieur de la cellule mère tandis que chez les *Pediastrum* appartenant au même groupe les zoospores sortent avant de s'organiser en un nouveau cénobe et chez les *Scenedesmus* elles seraient complètement immobiles dès le début.

Cooke (1) en 1882 sépare les *Coelastrum* des *Hydrodictyon* et les range dans les Sorastrées: cet auteur ne cite que trois espèces: *C. sphaericum* Näg., *cambricum* Arch. et *microporum* Braun.

Wolle (1) met les *Coelastrum* à côté des *Pediastrum* et *Hydrodictyon*, mais aussi des *Scenedesmus*, *Sorastrum* et *Staurogenia*, dans les Protococcacées cénobiées: il parle des macrozoospores s'organisant en cénobes dans la cellule mère. Cet auteur donne des figures du *C. microporum* Naeg., *cambricum* Arch. et d'une nouvelle variété qui mériterait sûrement d'être une espèce nouvelle et qui rappelle un peu le *C. Chodati* Duc.: c'est le *C. microporum var. speciosum*. Les cellules parfaitement rondes et terminées par un prolongement de la membrane en une verrue courte et tronquée au sommet, se trouvent réunies à la cellule centrale par des filaments gélatineux.

Askenasy (1) en 1888 nie l'existence des zoospores chez les *Coelastrum*, mais dans la même année Hansgirg parle des zoogonidies qui tantôt sortent en nageant au dehors de la cellule mère, tantôt s'organisent déjà à l'intérieur de celle-ci en nouveaux cénobes. Cet auteur a trouvé dans les marécages salés près Kralup une nouvelle variété des *Coelastrum* qui ressemble beaucoup à *C. cubicum*, mais qui en diffère par ses dimensions (l'épaisseur des cellules est de 4 à 15 μ): c'est le *C. Naegelii Rbh. var. salinarum*. Malheureusement, l'auteur n'en donne pas la figure; un diamètre plus ou moins grand du cénobe ne suffit pas, comme il est aisé de le voir avec le *Coelastrum* en culture pure pour établir une variété nouvelle, d'autant plus que l'algue en question habite dans des eaux plus concentrées que ses congénères. Comme pour toutes les autres espèces, l'expérience seule pourrait décider si c'est vraiment une espèce nouvelle.

La même année, Lagerheim (1) décrit encore une variété nouvelle: *C. sphaericum Naeg. var. punctatum* et se borne à indiquer à ce sujet: « membrana cellularum punctata ».

De-Toni (1) en 1889 place les *Coelastrum* dans sa famille des Palmellacées, subfamilia Coenobiae, tribu des Pédiastrées qui se distinguent de la tribu des Hydrodictyées par le fait que le contenu cellulaire se divise par bipartition successive et non simultanée et par le fait que leurs cellules sont uninucléées. D'après cet auteur, les zoogonidies des *Coelastrum* sortent séparément de la cellule mère, mais s'organisent le plus souvent à l'intérieur de ces dernières en cénobes caractéristiques se libérant par la rupture de la membrane. En faisant une revision générale du genre, l'auteur cite les sept espèces et quatre variétés que nous avons décrites plus haut.

En 1892, W. Schmidle (1) décrit encore une nouvelle espèce *C. pulchrum*, à cellules arrondies, entourées d'une membrane épaisse, à 5 ou 6 prolongements dont un seul reste libre et se termine en bec. Cette espèce diffère des *C. Naegelii* Rbhr., *cubicum* Naeg. et *Cambricum* Arch· par la forme ronde de ses cellules, des *C. microporum* Naeg., *scabrum* Reinsch et *verrucosum* Reinsch, — par leur arrangement réciproque.

La même année Möbius (1) décrit une nouvelle variété: *C. sphaericum Naeg. var. compactum* qui se distingue du type par le fait que les cellules proéminent beaucoup moins vers l'extérieur et laissent entre elles de petits interstices tri- ou tétrangulaires. Cénobes ronds à 16—32 cellules et de 30 à 40 μ d'épaisseur.

Turner (1) en même année encore donne deux nouvelles espèces de *Coelastrum*: *C. indicum* et *distans*. Le premier a un cénobe à cellules parfaitement rondes et entourées d'une épaisse membrane hyaline. Le contenu est d'un vert brunâtre, les interstices sont triangulaires. *C. distans* a des cellules disposées d'une manière irrégulière réunies par un isthme court; les cellules sont rondes, la membrane épaisse et hyaline, les espaces intercellulaires hexagonaux. Cette espèce rappelle *Hariotina*, mais les prolongements cellulaires y sont plus longs; cela pourrait être aussi une espèce voisine de *C. Chodati* Duc. se distinguant de ce dernier par l'absence de cornes libres et par ses isthmes plus courts. D'ailleurs, Schmidle considère les deux espèces de Turner comme étant des formes — un peu aberrantes peut-être — du *C. microporum* Näg. Turner range les *Coelastrum* entre les Pédiastrées avec *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Sorastrum*, *Selenastrum* et *Crucigenia*.

Artari (2) décrit un *Pleurococcus regularis* et *P. conglomeratus* (que Senn considère comme de vrais *Coelastrum*) et signale leur parenté avec les Hydrodictyées, *Coelastrum* et *Sorastrum* en particulier. A ce propos, il remarque que la parenté de ces deux dernières

algues avec les Hydrodictyées proprement dites lui semble assez douteuse.

Franzé (1) en 1893 décrit tous les stades de développement du *C. microporum* Naeg. La formation de jeunes cénobes est précédée par une multiplication active des pyrénoïdes et des corpuscules brillants très nombreux dans les cellules (Excretakörnchen); le contenu cellulaire se retracte de la membrane et le chromatophore se divise généralement en 12 disques hexagonaux rangés comme le seront plus tard les cellules des cénobes. La membrane de la cellule mère se gélifie successivement et se dissout dans l'eau en libérant les jeunes cénobes. Cette libération se fait généralement par chaque cellule du cénobe indépendamment des autres, mais aussi quelquefois dans toutes les cellules du cénobe à la fois. Les colonies rappellent alors certains stades végétatifs d'*Eudorina elegans* Ehrb. ou *Pandorina Morum* (Mühl.) Borg. L'auteur n'indique rien au sujet des cellules isolées.

Lagerheim (2) en même année décrit une nouvelle espèce *C. subpulchrum* différente des *C. pulchrum* Schm. par sa membrane partout mince, prolongée de temps à autre en becs saillants. L'algue est pour la première fois figurée par Bohlin et ressemble à *Hariotina*.

Lemaire (1) indique deux nouvelles formes: *C. cambricum* Arch. var. *quinqueradiatum*, dont les cellules vues du sommet ou de face ont l'apparence d'étoiles à 5 rayons tronqués et à petits méats, probablement le *C. pulchrum* Schm., et *C. cornutum*, à cellules quadrangulaires ou triangulaires, rangées sans ordre, et laissant entre elles de très petits méats. La présence d'une ou de deux cornes les distingue des *C. sphaericum* ou *astroideum*, l'absence des verrues — des *verrucosum* et *scabrum*, la forme régulière — du *cambricum*. Mais le dessin que l'auteur en donne, comme l'a indiqué Chodat, est celui d'un *Pediastrum Boryanum*.

En 1896 apparaît une étude détaillée de Chodat (1) sur le développement des *C. sphaericum:* la formation des auto-colonies y est confirmée et nous y trouvons décrits tous les autres modes de développement: l'expulsion des cellules constituantes dans une gelée générale, bipartition du contenu cellulaire, désorganisation des cénobes par une dissolution des attaches. Les *Coelastrum* répètent ainsi les mêmes stades que les *Pediastrum* et les deux algues ont probablement une origine commune à partir d'état unicellulaire.

En même année, W. et G.-S. West (1) décrivent un *Coelastrum morus*, à 16 cellules rondes, couvertes d'à peu près 10 verrues chacune et différant du *C. scabrum* par le nombre plus considérable de cellules et leur ornementation plus riche.

En 1897, Bohlin (1) décrit pour la première fois notre *C. proboscideum:* dans une première station, cet auteur n'a trouvé que des cénobes à cellules peu nombreuses, au maximum 16; dans une autre station (près Stockholm), le nombre constitutif des cellules était plus grand (jusqu'à 32). Toutes les cellules sont hexagonales et ont un prolongement libre à membrane épaissie au bout et aux contours pas arrondis comme chez *C. sphaericum;* chaque cellule y est réunie à une ou deux voisines. (Nous avons observé que, déjà à partir de cénobes à 8 cellules, l'union se fait avec 3 cellules à la fois: à droite, à gauche, et une troisième située un peu plus profondément dans le second plan — voir dessin sur la planche XIII). Bohlin signale comme monstruosité la présence sur certaines cellules de deux à trois prolongements à la fois, rappelant *C. cubicum.* Cet auteur décrit encore deux nouvelles variétés: *C. pulchrum* var. *intermedium* à cénobes sphériques constitués de cellules à 8, 10, 12 côtés alternativement droits et concaves, laissant des méats carrés ou triangulaires, à angles arrondis et portant extérieurement un prolongement conique. Cette variété d'ailleurs sera considérée par West (3) comme appartenant à *C. cambricum* et par Schmidle comme *C. microporum var. intermedium* (Bohl.) Schmidle puisque, prenant l'espèce au sens large de ce mot, ce dernier auteur suppose que *C. pulchrum* pourrait n'être qu'une variété de *C. microporum.* Ici encore la culture pure saura seule décider de la véritable valeur à donner aux espèces en question. *C. pulchrum v. mamillatum* ressemble à *intermedium*, mais la proéminence assez faible porte un épaississement assez insignifiant de la membrane. Bohlin signale encore chez *C. pulchrum* la présence des hypnospores qu'il essaie d'expliquer par la contraction du contenu cellulaire à la suite de la gélification du revêtement cellulosique de la cellule provoquée par l'influence du milieu extérieur.

En même année, Schröder (1) décrit *C. irregulare* et *C. pseudocubicum:* le premier a un cénobe arrondi ou ellipsoïdal, à cellules réunies à trois ou quatre voisines et ayant une corne libre épaissie au sommet; la description et le dessin indiquent un *C. proboscideum.* Le second a des cénobes cubiques à 8 cellules, portant 1 à 3 prolongements libres à membrane épaissie au bout. Les méats sont limités par des lignes convexes et paraissent plus grands que chez *C. cubicum* où les parois internes sont concaves. Cette forme est probablement synonyme de *C. cubicum* tout en se rapprochant beaucoup de *C. proboscideum.*

Schröter (2) décrit le *C. cambricum var. elegans* qui sera plus tard décrit pour une seconde fois par Amberg (2), d'après les

échantillons vivants et qui diffère de *C. cambricum* Arch. uniquement par sa plus grande dimension et la grandeur des interstices.

Une seconde variété nouvelle est décrite par West (3) : *C. robustum* Hantzsch *var. confertum* West, laquelle, tout en se trouvant dans la même station que *C. robustum* Hantzsch, en diffère par ses dimensions deux fois plus petites et présente des cénobes à 64 cellules hexagonales arrondies laissant entre elles de tout petits méats.

Wille (1) met les *Coelastrum* dans les Hydrodictyacées qu'il rapproche d'une part des Volvocinées, l'histoire du développement de *Pandorina* rappelant beaucoup celle des *Hydrodictyon*, d'autre part — des Protococcacées et des Pleurococcacées, les cellules des *Scenedesmus* étant comme celles des *Coelastrum* et des *Sorastrum* des zoospores réduites.

Kirchner (1) publie deux nouvelles formes : *C. natans* diffé rant de *C. sphaericum* par le petit nombre de cellules composantes (8 à 4), la taille réduite de ses cénobes et par un mode de division que l'auteur trouve spécial et plus approprié à la vie limnétique : les cénobes jeunes sortent après la rupture de la membrane, mais restent un certain temps unis avec la cellule mère par une substance gélatineuse qui se forme aux dépens des couches internes de la membrane et constitue une espèce de ciment. Ce n'est que plus tard que les cénobes jeunes deviennent indépendants de la cellule mère et se séparent alors les uns des autres. Ceci prouve pour l'auteur la grande affinité des *Coelastrum* avec les *Dimorphococcus* et les *Scenedesmus*. Les associations des cellules peuvent assumer des formes irrégulières, se disposer en plan ou en groupements quelconques. La seconde forme nouvelle, *C. scabrum var. torbolense*, diffère du *C. scabrum* Reinsch qui porte trois à six papilles tronquées sur des cellules rondes par l'aspect hexagonal des cellules laissant entre elles des méats insignifiants ou nuls et surmontées pour la plupart de 1 à 5 appendices papilliformes cylindriques et tronqués au sommet.

En 1898, Schmidle (3) décrit encore un *C. pulchrum var. nasutum*, aux prolongements périphériques hyalins beaucoup plus grands, tronqués ou arrondis au sommet. West (2) verra encore ici une variété de *C. cambricum*.

En 1899 apparaît le travail de Senn dont il a été déjà question précédemment. Au point de vue systématique, l'auteur fait une revision complète du genre *Coelastrum* et arrive à y distinguer seulement 6 espèces certaines et 3 formes douteuses. Ces espèces sont :

1. *C. microporum* Naeg. Synonymes : *C. sphaericum robustum* (Hantsch) Reinsch; *compactum* Möb.; *indicum* Turner; *pulchrum*

intermedium (?) Bohlin, *astroideum* de Not. (?); *Pleurococcus irregularis* Artari. Sont éliminés : *C. microporum* forma *typica* Wolle, *C. microporum* var. *speciosum* Wolle.

2. *C. reticulatum* (Dangeard) Senn. Synonymes : *Hariotina reticulata* Dang.; *C. distans* Turner; *subpulchrum* Lagh.; *C. sphaericum subpulchrum* (Lagh.) Schmidle; *verrucosum* Reinsch (?).

3. *C. sphaericum* Naeg. Synonymes : *C. Naegelii* Rbhr.; *C. astroideum* de Not. (?); *C. sphaericum* var. *punctatum* Lagh. (?). Sont éliminés : *C. sphaericum compactum* Möb.; *C. sphaericum robustum* (Hantsch) Reinsch, *C. subpulchrum* Lagh. Schmidle.

4. *C. proboscideum* Bohl. Synonymes : *C. microporum* forma *typica* Wolle; *C. pseudocubicum* Schröder et *irregulare* Schröder. A éliminer : *C. cambricum* Archer.

5. *C. pulchrum* Schmidle. Synonymes : *C. cambricum quinqueradiatum* Lemaire; *pulchrum mamillatum* Bohl. A éliminer: *C. pulchrum intermedium* Bohl. (?).

6. *C. cubicum* Naeg. Synonymes : *C. cubicum salinarum* Hansg.; *C. Naegelii* Rbh.; *C. cornutum* Lemaire.

Formes douteuses : 1. *Sphaerastrum verrucosum* Reinsch = *C. verrucosum* (Reinsch) de Toni. 2. *C. scabrum* Reinsch. 3. *C. microporum* var. *speciosum* Wolle.

Senn range les *Coelastrum* dans les Pleurococcacées comme elles sont définies par Klebs et les sépare des *Pediastrum* pour les mettre dans le voisinage des *Scenedesmus, Raphidium* et *Selenastrum*.

En 1900, Schmidle (4) décrit encore deux nouveaux *Coelastrum: C. Stuhlmanni* ressemblant à *C. pulchrum* et *scabrum*, mais qui, d'après l'auteur, formerait dans la classification donnée par Senn une nouvelle section à surface striée (gestreift). Ostenfeld (3) considère cette espèce comme une simple variété de *C. cambricum* ayant observé dans le lac de Muzzano des *C. cambricum* lisses, d'autres ayant les côtes rayonnantes dans quelques cellules seulement du cénobe, d'autres enfin présentant le caractère de *C. Stuhlmanni*. Ici encore la culture pure saura décider de la valeur du caractère en question et de l'amplitude de sa variation. La seconde espèce, *C. cruciatum* a des cellules quadrangulaires, disposées en croix et à intercellulaires arrondis. La partie externe des cellules est presque aplatie, légèrement bombée et munie d'une petite verrue à peine formée. Cette algue de Zanzibar n'est pas sans analogie avec le *C. pulchrum* var. *intermedium* Bohl.

En même année, Lemmermann (1) se demande si le fait que *Pediastrum* forme des zoospores et le *Coelastrum* n'en forme point est suffisant pour séparer ces deux algues en deux familles différentes.

En 1903, Schmidt (1) décrit un *Coelastrum piliferum* à cellules arrondies, non aplaties à l'endroit de contact et munies d'un poil 35 fois plus long que le diamètre de la cellule. Le chromatophore y est en cloche, le pyrénoïde entouré d'une auréole d'amidon, le noyau muni d'un nucléole central. Les cénobes comprennent 16 à 32 cellules. Ceci est probablement une Chétophoracée du genre *Conochaete.*

West (2) en 1907 trouve une nouvelle espèce: *C. compositum* où chaque cellule du cénobe se trouve remplacée par un groupe tétraédrique et compact de 4 cellules. Ces groupes laissent en se joignant de très grands méats et se terminent extérieurement par des prolongements tronqués. Malheureusement, l'auteur n'a pas pu observer la formation des jeunes cénobes dans cette espèce si particulière.

En 1909, Wille (2) apporte certaines modifications dans sa classification de 1897 en séparant les *Coelastrum* des Hydrodictyacées et en créant pour eux une famille de Coelastracées, à cellules immobiles et plus ou moins associées les unes avec les autres, mais n'ayant ni zoospores ni gamètes. Dans le genre *Coelastrum* Wille distingue encore deux sections : 1. *Eucoelastrum* Wille à cellules concrescentes par leurs parois et 2. *Hariotina* (Dang.) Senn à cellules réunies par des prolongements gélatineux.

En 1910, Guglielmetti (1) décrit encore deux nouveautés: *C. sphaericum* Naeg. var. *astroideum* (de Not.) Guglielmetti et *C. cambricum* Archer var. *inappendiculatum.* Le premier se distingue du *C. astroideum* typique par de petits intercellulaires tri- ou tétrangulaires et par le fait que les cénobes peuvent avoir 4, 8, 16, 32 cellules, tandis que ceux de De Notaris n'en avaient que 16. La forme des cellules est aussi très variable et peut être ovale ou même ronde; dans ce dernier cas, il n'est pas facile de les distinguer du *C. microporum* Braun. La seconde forme diffère du *C. cambricum* Archer par ses cellules simples, obtuses, coniques, ne produisant pas de tubercules et se rapprochant de *C. cambricum* var. *intermedium* Bohl.

Il y a quelques mois enfin était présentée à la Société botanique de Genève par le Dr Ducellier un nouveau *Coelastrum*, le *C. Chodati* Duc., à cellules distantes réunies par des filaments incolores et munies chacune d'une longue corne hyaline. Et tout dernièrement nous avons trouvé dans les mousses un *Coelastrum Printzii* = *Coelastrum scabrum* Printz non Reinsch dont la description et le dessin sont donnés ci-dessous.

Il nous reste, pour compléter cette revision, de signaler encore quelques espèces plus ou moins douteuses.

1. *C. elegans* Lemmerm. (ubi?) qui est peut-être le *C. subpulchrum* De Lagerh.

2. *C. Bohlini* Schmidle et Senn (in litt.) qui n'est autre chose que le *Scenedesmus costatus* var. *Coelastroides* Bohlin (2) = *Sc. Coelastroides* Schmidle (2), à cénobes globuleux et creux formés par des cellules concrescentes pourvues de côtes ordinairement saillantes et laissant entre elles des méats triangulaires ou irréguliers. Malgré ses apparences coelastroïdes, nous ne pouvons pas nous empêcher de le considérer comme un *Scenedesmus* au même titre que le *Chlorella coelastroides* reste un *Chlorella*.

3. *C. Javanicum* Woloszynska (1) est un *Sorastrum* appelé par erreur *Coelastrum* dans les « Zellpflanzen Ostafrikas », Hedwigia 1914, p. 197.

Reste encore une variété: *C. cubicum* var. *obtusum* Eichler qui m'a été aimablement indiquée par M. Schmidle, mais dont je n'ai pu trouver la description.

Quant au *C. microporum* forma *irregulare* décrit par Fritsch (1), il ne présente évidemment qu'un cénobe disloqué. Or, il est intéressant d'avoir trouvé un *Coelastrum* dans cet état précisément dans une localité antarctique: nous avons vu que d'après la théorie d'Ostwald, à une viscosité plus grande du milieu qu'on peut obtenir aussi en diminuant la température, les cellules devraient s'arrondir et s'isoler. Nos expériences ont abouti à des résultats analogues.

Nous nous sommes étendue sur ces questions de systématique pour indiquer toute la variété des formes qui peuvent se trouver dans le genre *Coelastrum*. Nous avons cité 22 espèces et 12 variétés décrites. Pour la plupart, ces espèces gravitent autour de quelques types bien définis que Senn a essayé d'établir et qui forment des espèces collectives. Nous avons vu dans la partie expérimentale de ce travail que dans des conditions données, le *C. proboscideum* qui appartient à une section de Senn bien définie peut prendre l'apparence des autres espèces aussi bien définies — *C. sphaericum*, *microporum*, *cubicum*, etc. et même des autres genres — *Chlorella*, *Polyedrium*. Faut-il en conclure que les espèces de *Coelastrum* de ce groupe n'existent pas comme unités indépendantes? Certainement pas. Il se peut que ce soit une convergence accidentelle et qu'il existe cependant un vrai *C. microporum* par exemple ayant sa manière de réagir vis-à-vis des facteurs incidents et sa courbe de variation différente de celle de *C. proboscideum*. Mais seule l'expérience peut décider de la valeur relative des espèces positives de *Coelastrum* et cette expérience n'est possible qu'en culture pure. Il est possible qu'on trouvera dans

ce genre plus d'espèces qu'il n'en a été décrites, mais ces espèces seront définies par une série de caractères morphologiques et physiologiques et correspondront à des unités réelles définies et faciles à identifier. La revision expérimentale du genre *Coelastrum* demande ainsi une étude analogue à celle qui a été faite par Chodat pour les *Scenedesmus*. Mais avant que les expériences ne viennent le confirmer, nous ne pouvons pas garantir que les espèces *C. sphaericum*, *C. astroideum* et *C. cubicum* sont de bonnes espèces. Notre *Coelastrum proboscideum*, même dans les milieux qui rappellent le plus le milieu naturel par leur concentration et leur composition, peut prendre l'apparence de toutes ces formes et nous sommes persuadée que pour ces 4 espèces du moins, ni le nombre des cellules ni leur grandeur, ni le caractère de leurs prolongements ne pourraient servir de critère pour les identifier dans la nature. Pourtant le genre *Coelastrum* comporte par ailleurs des espèces dont la valeur ne saurait être mise en doute : au cours de nos recherches nous n'avons jamais obtenu des formes du *C. proboscideum* rappelant les *C. cambricum*, *reticulatum*, *scabrum*, *Stuhlmanni*, *Chodati*. Ce sont pour le moment autant d'espèces conjecturales collectives, morphologiques, qu'il est facile de reconnaître à première inspection, mais pour lesquelles l'étude de l'amplitude de variation est encore à faire.

Nous avons vu, en outre, que les *Coelastrum* peuvent dans certaines conditions isoler leurs cellules et qu'il est alors impossible de les distinguer des genres *Chlorella* et *Polyedrium*. Il ne peut plus y avoir de doute pourtant que le genre *Chlorella* existe indépendamment. D'autres genres aussi certains que le genre *Coelastrum* se dissocient aussi en cellules chlorelloïdes *(Scenedesmus*, *Raphidium)*. Ceci indiquerait une parenté probable réunissant ces genres entre eux et peut-être même leur origine commune à partir des états unicellulaires chlorelloïdes.

Quant à la position systématique des *Coelastrum*, nous avons très brièvement montré ci-dessus qu'elle est encore fortement contestée et incertaine. Si, dans un milieu quelconque cette algue avait formé des zoospores, la question serait tranchée, mais malgré quelques botanistes (Falkenberg, Klebs, Hansgirg, etc.) qui prétendent avoir vu des zoospores chez les *Coelastrum*, tous les autres algologues nient leur existence; nous n'avons rien pu voir de semblable malgré les milliers d'individus examinés dans des conditions les plus variées. On sait depuis le travail de Chodat et Huber qu'à partir d'une certaine concentration les *Pediastrum* ne forment plus de zoospores, mais des cellules immobiles groupées en amas coelastroïdes : faut-il

en conclure que les autocénobes de *Coelastrum* correspondent à ces états et ne seraient que des zoospores devenues immobiles? Ce point de vue a été adopté par plusieurs auteurs comme nous l'avons vu; mais les zoospores ne se forment même pas dans les cultures le moins concentrées (eau pure additionnée de fer). Dans des questions aussi délicates, il serait imprudent de juger par l'apparence seule et, à défaut d'expériences plus concluantes, il vaudrait mieux considérer les *Coelastrum* comme appartenant aux *Cystosporées autosporées* (sensu Chodat), au même titre que la tribu des Scenedesmées par exemple, et infiniment voisins des Chlorellées dont on ne peut pas les distinguer lorsqu'ils se présentent à l'état de cellules isolées. On peut à la rigueur considérer les cénobes des *Coelastrum* comme des colonies des *Chlorella* ou des *Polyedrium* unis par l'intermédiaire d'une substance gélatineuse: l'arrangement en cénobes forme toutefois un caractère suffisant pour faire des *Coelastrum* un genre à part. *Chlorella coelastroides* Chod. pourrait servir de transition entre les deux genres en question.

2. Le genre Coelastrum en Suisse.

Coelastrum Naegeli.

1849, Einzell. Alg., p. 97.

Cénobe globuleux ou polyédrique, à cellules rondes ou polygonales, le plus souvent disposées en une seule couche autour d'une lacune centrale, mais pouvant former, dans certaines conditions, des agrégats botryoïdes plus ou moins compacts. 1 chromatophore avec généralement 1 seul pyrénoïde. La multiplication:

1) par autocénobes ayant déjà à l'état jeune le caractère de l'espèce et mis en liberté par la rupture de la membrane de la cellule mère;

2) par la bipartition du contenu;

3) par la formation dans les cellules d'une spore unique;

4) par désagrégation du cénobe en ses cellules constitutives.

Dans les conditions défavorables au développement se forment des hypnospores remplies d'huile rouge.

Observation. Nous croyons avoir suffisamment montré dans la partie expérimentale de ce travail combien il est difficile de caractériser une espèce de *Coelastrum;* aussi nous bornerons-nous pour les diagnoses d'espèces suisses qui vont suivre d'indiquer seulement ce qu'il y a de plus caractéristique, de plus typique pour une espèce donnée, en faisant abstraction des formes d'involution et sans tenir compte de tous les écarts de la moyenne.

Nous avons insisté plusieurs fois au cours de ce travail sur le fait qu'il est difficile, sinon impossible, de reconnaître une espèce positive d'algue dans

la nature. Pourtant, on ne peut pas toujours avoir en culture pure les organismes qu'on rencontre et, pour les travaux ultérieurs, il est souvent très important d'indiquer les stations où les algues déterminées par simple inspection ont été trouvées. Ce sont évidemment des espèces morphologiques, conjecturales: à l'expérimentateur ensuite de revenir dans ces stations, de trier toutes les lignées pures qui coexistent dans ce mélange et d'établir une monographie d'un genre voulu et sa répartition dans la région donnée. Afin de faciliter ce travail pour le genre *Coelastrum* qui nous occupe en particulier, nous avons relevé une liste des stations de cette algue en Suisse qui complétera en quelque sorte celle qui a été donnée par Chodat dans ses « Algues vertes de la Suisse ».[1])

Ire section.

Eucoelastrum Wille, in Engl. Nat. Pflz.-Fam. Nachträge, 3. Teil, I, 2. Abt. 67.

Cellules contiguës ou unies par des rayons connecteurs équatoriaux, latéraux.

1. Coelastrum microporum Naeg.

C. sphaericum robustum (Hantzsch) Reinsch; *C. sphaericum* var. *compactum* Möbius; *C. microporum* forma *irregulare* Fritsch; *Pleurococcus irregularis* Artari?

Dessin: Senn, l. c.

Cénobes globuleux persistants ou désagrégés, à cellules rondes, 6—17 μ de diamètre, dépourvues d'appendices de la membrane; méats petits.

Bords du lac de Constance (Schröter et Kirchner);
Tourbières et «Lochseen» près Rheineck (Kurz);
Environs de Bâle dans les Sphagnum (Senn);
Bords du lac de Genève (Chodat);
Plan-les-Ouates près Genève (Chodat);
Lac Champex (Chodat);
Lago di Muzzano (Amberg).

2. Coelastrum sphaericum Naeg.

Dessins: Naegeli, Einzell. Alg. — Chodat, l. c.

Cellules ovoïdes, à section basilaire polygonale, laissant entre elles des méats assez grands, polygonaux.

Environs de Zurich (Naegeli, Kützing);
Katzensee (Cramer dans Rbhr. Algen N° 1251; Cramer dans Wartmann et Schenk, N° 33; Amberg; Tanner-Füllemann.)
Lützelsee (Waldvogel; Tanner-Füllemann);
Hüttensee (Amberg);
Schoenenbodensee (Tanner-Füllemann);
Bords du lac de Constance (Schröter et Kirchner);
Lej Pitschen (2220 m.) (Rübel);
Lac Majeur (Steiner);

[1]) Beiträge z. Krypt.-Fl. d. Schweiz, Heft 3 (1902).

Entre Samaden et Bevers (Brügger);
Marécages aux environs de Genève (Chodat);
Lac de Tannay (Chodat);
Lac de Joux (Chodat);
Lac des Brenets (Chodat; Bachmann);
Lac de Bret (Meyer).

3. Coelastrum proboscideum Bohl.

C. Naegelii Rbhr.; *C. irregulare* Schröder.
Dessins: Chodat, l. c.; Senn, l. c.

Chaque cellule portant un appendice libre, tronqué au sommet. Cellules de 10 à 20 μ de diamètre

Lochseen, près Rheineck, dans les tourbières (Kurz);
Environs de Bâle (Senn);
Lac Champex (Chodat);
Mare près Gimel (Rayss).

4. Coelastrum cubicum Naeg.

C. pseudocubicum Schröder.
Dessins: Naegeli, Einzell. Alg.; Chodat, l. c.

Cénobes généralement cubiques; cellules à section subhexagonale portant 3 appendices libres, courts, épais et tronqués au sommet. Diam. des cellules 15 à 20 μ.

Zurich (Nägeli);
Katzensee (Cramer dans Wartmann et Schenk).
Environs de Genève (Chodat).

5. Coelastrum Printzii Rayss nov. spec.

C. scabrum Printz non Reinsch.
Fig. nost. A. 1—12.

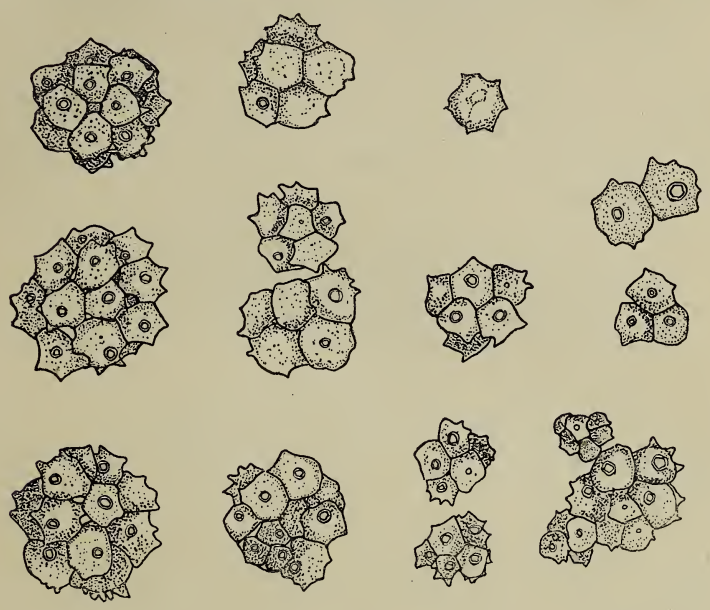
Cellules à section polygonale, irrégulière, couvertes de verrues non tronquées au sommet; cénobes compacts, subsphériques; méats petits, quelquefois absents.

Bourg St-Pierre, dans les mousses (Rayss).

Cette forme nouvelle pour la Suisse a été trouvée entre des mousses habitant les petits ruisseaux froids, à Bourg St-Pierre (Valais). L'algue en question s'est bien développée en culture, ce qui nous a permis d'observer la formation et l'émission de jeunes cénobes, la dissociation des cénobes en cellules isolées, les produits de bipartition, bref, tout ce que nous avons vu chez *Coelastrum proboscideum*, mais sans qu'on puisse confondre ces 2 espèces à n'importe quel stade de leur développement. En effet, dans l'eau et les solutions nutritives diluées, les seules que nous ayons expérimentées pour le moment, les cellules de *C. Printzii* portent toujours des verrues irrégulières, non tronquées au sommet comme celles du *C. scabrum* Reinsch et de sa variété *torbolense* Kirchner. Les cénobes sont aussi beaucoup plus compacts que ceux du *C. proboscideum* et *C. scabrum*, et se rapprochent par ce caractère de la *var. torbolense*. Notre espèce enfin se distingue du *C. verrucosum* Reinsch par ses cellules plus ou moins polygonales et par l'aspect général de la colonie. Le seul *Coelastrum* figuré rappe-

lant un peu le *Coelastrum Printzii* est le *C. scabrum* figuré par Printz (1), mais ce dernier a aussi des cellules plus arrondies entourées d'une membrane beaucoup plus épaisse; il n'est donc pas certain que notre identification soit certaine. Nous pouvons ainsi considérer cette forme comme une nouvelle espèce de *Coelastrum* et nous l'appelons d'après Printz.

Fig. A. *Coelastrum Printzii* Rayss. — 1, 2, 3 cénobes plus ou moins compacts 4, 5, cénobes à cellules moins nombreuses; 6, on voit une cellule produire un auto-cénobe 4 cellulaire; 7, cellule isolée polyédroïde; 8, 9, cénobes plus petits; 10, cénobe bicellulaire; 11, cénobe quadricellulaire; 12, cénobe avec deux auto-cénobes expulsés. Grossissement 150 ×.



1	4	7	10
2	5	8	11
3	6	9	12

Diagnose: Coenobia 16—40 μ vel rarius cellulae solitariae 8—20 μ, cellulis 32, 16, 8, 4, 2 ambitu plus minus irregulariter polygonis extus acute lobatis vel verruculosis; coenobia compacta haud concava, rarius lacunosa, lacunis irregulariter triangularibus; multiplicatio autocoenobiis ruptura cellulae matricalis liberatis.

Affinis *C. verrucoso* Reinsch a quo differt cellula haud globosa sed faciei Polyedrorum, a *C. scabro* Reinsch — absentia processuum regularium truncatorum, ab omnibus — ambitu irregulari cellularum diversum.

Habitat apud Bourg Saint-Pierre (Vallesia) ad 1700 met.

6. **Coelastrum cambricum** Archer.

C. pulchrum Schmidle; *C. quinqueradiatum* Lemaire; *C. indicum* Turner; *C. scabrum* Reinsch; *C. pulchrum mamillatum* Bohl; *C. pulchrum intermedium*

Bohl; *C. pulchrum nasutum* Schmidle; *C. cambricum* var. *elegans* Schröter; *C. pulchrum* var. *elegans* (Schröter) Amberg.

Dessin: Chodat, l. c.

Cénobe sphérique. Cellules réunies par de courts rayons connecteurs équatoriaux, laissant des méats relativement petits. Chaque cellule se terminant par un tubercule court et tronqué, quelquefois un peu arrondi.

Var. Stuhlmanni Ostenf.

C. Stuhlmanni Schmidle.

Diffère du type par la présence des côtes proéminentes qui rayonnent du centre des cellules et se réunissent aux côtes semblables des cellules voisines, caractère qui n'est pas sans analogie avec les bras de *Hariotina*. Toutefois, Ostenfeld signale dans le lac de Muzzano, ensemble avec ces *C. Stuhlmanni* et *Cambricum* typiques, des cénobes intermédiaires dont quelques cellules seulement portent des côtes en question.

Lützelsee (Tanner-Füllemann, Waldvogel).
Rotsee (Bachmann d'après le manuscrit de Hool);
Schönenbodensee (Tanner-Füllemann);
Lago di Muzzano (Chodat; Schröter; Amberg; Ostenfeld);
Lac de Bret (Chodat; Meyer).

IIe section.

Clathrastrum Rayss nov. Sect. 1915.

Prolongements latéraux en forme de cylindres hyalins unissant des cellules distantes.

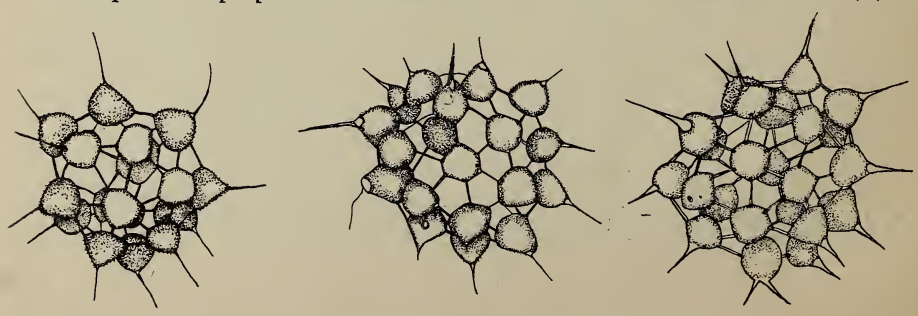
1. Coelastrum Chodati Ducellier.

Dessin: Ducellier (1).

Cellules à base hexagonale, portant 1 ou plus rarement 2 arêtes libres dirigées vers l'extérieur. Les processus hyalins épaissis unissent les angles des cellules en laissant des méats hexagonaux à peu près aussi grands que les cellules mêmes. Diam. des cellules de 8,5 à 11,5 μ.

Etangs de Lens-Montana (Ducellier).

Fig. B. *Coelastrum Chodati* Ducellier. — 3 cénobes dessinés à la chambre claire, d'après des préparations de M. le Dr. Ducellier. Grossissement 150 ×.



A rechercher en Suisse : le *C. microporum* var. *speciosum* Wolle à cellules sphériques unies au centre par des prolongements gélatineux, qui pour nous appartient aussi à cette section.

IIIe section.

Hariotina (Dang) Wille.

Les prolongements en forme de bras rayonnent du pôle externe des cellules en formant un réseau en corbeille autour de la colonie.

1. **Coelastrum reticulatum** Lemm.

C. subpulchrum Lagerh. = *C. sphaericum subpulchrum* Schmidle; *C. reticulatum* Senn; *C. elegans* Lemmermann (?); *Hariotina reticulata* Dang.

Dessin : Chodat, in Soc. bot. France (1894), Senn, *l. c.*

Cénobe sphérique composé des cellules sphériques ou ovoïdes à membrane munie d'un nombre variable de prolongements partant du pôle externe et caractéristiques pour la section. Les anciennes membranes persistent un certain temps et retiennent les nouvelles colonies.

Environs de Bâle (Senn);
Rotsee (Bachmann d'après le manuscrit de Hool);
Lac de Lugano (Steiner) (ou *C. elegans* Lemm.?);
Genève, bassin de l'Ecole de Médecine (Chodat).

Index bibliographique.

1905. Adjarof M. 1. Recherches expérimentales sur la Physiologie de quelques Algues vertes. Thèse. Genève.

1900. Amberg, O. 1. Beiträge zur Biologie des Katzensees. Thèse. Zurich. Vierteljahrsschrift naturf. Ges. Zürich.

1903. » 2. Biologische Notiz über den Lago di Muzzano. Forschungsberichte der biologischen Station zu Plön. Heft X.

1887. Archer. 1. Proceedings of the Microscopical Club of Dublin. 18th July 1867. Quarterly Journal of Microscopical Science. Vol. VIII.

1888. Askenazy. 1. Über die Entwicklung von Pediastrum. Ber. der deutschen bot. Ges. VI.

1892. Artari, A. 1. Untersuchungen über Entwicklung und Systematik einiger Protococcoideen. Inaugural-Dissertation. Basel. Moskau. Bull. soc. impériale des Naturalistes Moscou, N° 2.

1902. » 2. Zur Frage der physiologischen Rassen einiger grünen Algen. Ber. d. deutschen bot. Ges. Bd. XX.

1904-6-9. » 3. Der Einfluss der Konzentration der Nährlösungen auf das Wachstum einiger Algen und Pilze. Jahrb. für wissenschaftliche Botanik, vol. 41, vol. 43, vol. 46.

1913 » 4. Beobachtungen an Chlamydomonas Ehrenbergii Gorosch. und verwandten Formen. Jahrb. für wissenschaftl. Bot. 52.

1907 Bachmann, H. 1. Vergleichende Studien über das Phytoplankton von Seen Schottlands und der Schweiz. Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, Bd. III.

1911 » 2. Das Phytoplankton des Süsswassers mit besonderer Berücksichtigung des Vierwaldstättersees. Mitteil. d. naturf. Gesellsch. Luzern.

1909. Bialosuknia M.-W. 1. Sur un nouveau genre de Pleurococcacées Bull. de la Soc. bot. de Genève, 2e série, vol. 1, N° 2.

1897 Bohlin, K. 1. Die Algen der ersten Regnell'schen Expedition. Bihang till Svenska Vet. Akad. Handlingar. Band 23. Nr. 7.

1897 » 2. Zur Morphologie und Biologie einzelliger Algen. Kongl. Vetensk. Ak. Förhandlingar. Nr. 9.

1855 Braun, A. 1. Algarum unicellularium genera nova et minus cognita; praemissis observationibus de Algis unicellularibus in genere.

1902. Brehm. 1. Zusammensetzung, Verteilung und Periodicität des Zooplanktons im Achensee. Zeitschrift des Ferdinandeums, III, 46 (cité d'après Linder).

1912. Brönsted J.-N. und Wesenberg-Lund. 1. Chemisch-physikalische Untersuchungen der dänischen Gewässer. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. Bd. IV.

1896. Chodat, R. 1. Matériaux pour servir à l'histoire des Protococcoidées, Bull. de l'Herb. Boissier, tome IV.

1898. » 2. Etudes de Biologie lacustre. Bull. de l'Herb. Boissier, tome VI.

1902. » 3. Algues vertes de la Suisse. Matériaux pour la flore cryptogamique suisse, I, 3. Berne.

1909. » 4. Etude critique et expérimentale sur le Polymorphisme des Algues. Genève.

1913. » 5. Monographies d'Algues en culture pure. Matériaux pour la flore cryptogamique suisse, IV, 2. Berne.

1900. Chodat et Grintzesco, J. 1. Sur les méthodes de culture pure des Algues vertes. Comptes rendus du Congrès de botanique de Paris.

1895. Chodat et Huber, J. 1. Recherches expérimentales sur le Pediastrum Boryanum. Ber. der schweizerischen bot. Ges., V.

1893. Chodat et Malinesco, O. 1. Sur le polymorphisme du Scenedesmus acutus. Bull. de l'Herb. Boissier, tome 1, N° 4, avril.

1892—1894. Cooke, M. C. 1. British Fresh-water Algae.

1898. Delebecque, A. 1. Les lacs français. Paris.

1867. De-Notaris, G. 1. Elementi per lo studio delle Desmidiaceae italiche. Genova. 4.

1889. De-Toni, G.-B. 1. Sylloge Algarum.

1915. Ducellier, F. 1. Note sur un nouveau Coelastrum. Bull. de la Soc. bot. de Genève, 2e série, vol. VII. Avril.

1882. Falkenberg. 1. Algen im weitesten Sinne. Schenk's Handbuch der Botanik, Bd. 2, Breslau.

1893. Franzé, R. H. 1. Über einige niedere Algenformen. Oesterr. bot. Ztg. 43. Jahrg.

1912. Fritsch, F. F. 1. On fresh-water Algae collected in the South Orkneys. Linn. Soc.'s Journ. Bot., vol. XI.

1902. Grintzesco, J. 1. Recherches expérimentales sur la morphologie et la physiologie du Scenedesmus acutus Meyen. Bull. de l'Herbier Boiss., Ire série, n° 3.

1910. Guglielmetti, G. 1. Contribuzioni alla Flora Algologica italiana. 1. Protococcaceae raccolte nel Padovano. Nuova Notarisia, ser. 21.

1910. Guyer, O. 1. Beiträge zur Biologie des Greifensees mit besonderer Berücksichtigung der Saisonvariation von Ceratium Hirundinella. Promotionsarbeit Zürich. Archiv für Hydrobiologie. Stuttgart.

1888. Hansgirg, A. 1. Prodromus der Algenflora von Böhmen. 1. Teil, Heft 2. Archiv der naturwissenschaftlichen Landsdurchforschung von Böhmen. Bd. VI. Prag. Nr. 6.

1899. Kirchner, O. 1. Florula Phycologica Benacensis. XXXVI. Pubblicazione fatta per cura del Civico Museo di Roveredo.

1883. Klebs, G. 1. Über die Organismen einiger Flagellatengruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. Untersuchungen d. d. bot. Instituts zu Tübingen. 1. Band.

1913. Korniloff, M. 1. Expériences sur les Gonidies des Cladonia pyxidata et Cladonia furcata. Thèse. Genève. Bull. de la Soc. bot. de Genève, 2e sér., vol. V.

1904. Krogh, A. 1. On the tension of Carbonic Acid in Natural Waters and especially in the Sea. Medd. om Grönland. Köbenhavn. 26 (cité d'après Wesenberg-Lund).

1888. Lagerheim, G. v. 1. Sopra alcune alghe d'acqua dolce nuove o rimarchevoli. Notarisia, III. Venezia.

1893. » 2. Chlorophyceen aus Abessinien und Kordofan. La Nuova Notarisia. Ser. LVa.

1906. Langhans. 1. Über das Zooplankton der Julischen Alpenseen und die Variation der Asplanchna priodonta. Lotos. Prag 25. (Cité d'après Wesenberg-Lund).

1894. Lemaire, A. 1. Sur deux formes nouvelles de Coelastrum. Journal de Bot., t. VIII.

1900. Lemmermann, E. 1. Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen. Ber. d. deutschen bot. Ges. XVIII.

1904. » 2. Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen. Ber. d. deutschen bot. Ges. Band XXII.

1900. Livingston, B. H. 1. On the nature of the stimulus which causes the change of form in polymorphic green Algae. Contributions from the Hull Botanical Laboratory. XXII. Bot. Gaz. Nov.

1901. » 2. Further notes on the Physiology of Polymorphism in green Algae. Bot. Gaz. XXXII.

1907. Le Roux, M. 1. Recherches biologiques sur le lac d'Annecy. Annales de Biologie lacustre. Tome II. Bruxelles.

1902. Matruchot et Molliard. 1. Variations de structure d'une Algue verte sous l'influence du milieu nutritif. Revue générale de Bot., tome XIV.

1904. Meyer, E. 1. Lac de Bret. Thèse. Lausanne.

1913. Mendrecka, S. 1. Etudes sur les Algues saprophytes. Thèse. Genève. Bull. de la Soc. bot. de Genève. 2e sér., vol. V.

1892. Möbius, M. 1. Australische Süsswasseralgen Flora. Band 75.

1906. Nathansohn, A. 1. Über die Bedeutung vertikaler Wasserbewegungen für die Produktion des Planktons im Meere. XXIX. Band der Abhandlungen der mathem. physischen Klasse der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. Nr. 5. Leipzig.

1849. Naegeli, K. 1. Gattungen einzelliger Algen.

1904. Ostenfeld, C. H. 1. Studies of Phytoplankton, II—III. Saertryk af Botanisk. Tidsskrift. 26 Bind, 2 Hefte. Köbenhavn.

1906. Ostenfeld and Wesenberg-Lund. 2. A regular fortnightly exploration of the Plankton of the two Icelandic lakes, Thingvallavatn and Myvatn. Proceedings, Royal Society. Edinburgh. 25.

1909. Ostenfeld. 3. The Phytoplankton of Victoria Nyanza. Bull. of the Museum of comparative zoology at Harvard College. Vol. LII, Nr. 10.

1903. Ostwald, W. 1. Über eine theoretische Betrachtungsweise in der Planktologie, insbesondere über die Bedeutung der

«inneren Reibung des Wassers» für dieselbe. — Forschungsber. der biologischen Station zu Plön. X.

1852. Pringsheim. 1. Algologische Mitteilungen. Über Fortpflanzung von Coelastrum Naeg. Flora. Band 35.

1860. » 2. Monatsberichte der Berliner Akademie. Seite 775.

1914. Printz, H. 1. Kristianiatraktens Protococcoideer. Kristiania.

1863. Rabenhorst, L. 1. Kryptogamenflora von Sachsen, der Ober-Lausitz, Thüringen und Nordböhmen mit Berücksichtigung der benachbarten Länder.

1868. » 2. Flora Europaea Algarum aquae dulcis et submarinae. Leipzig.

1867. Reinsch, P. F. 1. Die Algenflora des mittleren Teiles von Franken. Nürnberg.

1875. » 2. Contributiones ad Algologiam et Fungologiam. Leipzig. (Pas vu).

1878. » 3. Contributiones ad floram Algarum aquae dulcis Promontorii Bonae Spei. Journ. Linnean Soc. Bot. Vol. XVI. London.

1911. Rübel. 1. Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. Englers Bot. Jahrbüch. 47. Band.

— Semper. 1. Existenzbedingungen der Tiere (cité d'après Ostwald).

1899. Senn, G. 1. Über einige coloniebildende einzellige Algen. Inaugural-Dissertation Basel. Botanische Zeitung LVII.

1892. Schmidle, W. 1. Über einige neue und selten beobachtete Formen einzelliger Algen. Ber. d. deutschen Bot. Ges. Band X.

1898. » 2. Über einige von Knuth Bohlin in Pite Lappmark und Vesterbotten gesammelte Süsswasseralgen. Svenska vet.-Akad. Handlingar. Band 24. Afd. III.

1898. » 3. Die von Professor Dr. Volkens und Dr. Stuhlmann in Ost-Afrika gesammelten Desmidiaceen. Englers Bot. Jahrb. für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. XXVI.

1900. » 4. Drei interessante tropische Algen. Bot. Centralblatt, Bd. 81.

1903. » 5. Algen aus dem Nyassasee und seiner Umgebung. Engler's Bot. Jahrbüch. XXXII.

1903. Schmidt, M. 1. Grundlagen einer Algenflora der Lüneburger Heide. Inauguraldissertation Göttingen.

1897. Schröder, B. 1. Algen der Versuchsteiche des schlesischen Fischvereins zu Trachtenberg. Forschungsber. der Plöner biol. Stat. Heft 5.

1906. » 2. Beiträge zur Kenntnis des Phytoplanktons warmer Meere. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Jahrgang 51.

1908. Schröder, B., Thalwitz, J. und Schiller, K. 3. Pflanzen- und Tierwelt des Moritzburger Grossteiches bei Dresden. Annales de Biologie lacustre, I.

1897. Schröter, C. und Kirchner, O. 1. Die Vegetation des Bodensees. 1. Teil. Lindau i. B. (Jahrgang 1896).

1897.	Schröter, C.	2. Die Schwebeflora unserer Seen (Das Phytoplankton). Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.
1912.	Steiner, H.	1. Das Plankton und die makrophytische Uferflora des Luganersees. Thèse Zurich. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. Biol. Supplem. VI Ser.
1907.	Tanner-Füllemann	1. Contribution à l'étude des lacs alpins. Bull. de l'Herb. Boiss., 2me série, tome VII.
1892.	Turner, W. B.	1. Algae aquae dulcis Indiae orientalis. Kongl. Svenska Vetenscaps Akad. Handlingar. Bd. 25, Nr. 5.
1900.	Waldvogel, T.	1. Das Lautikerried und der Lützelsee. Ein Beitrag zur Landeskunde. Thèse Zurich. Vierteljahrsschrift naturf. Ges. Zürich. Jahrg. 45.
—	Wartmann und Schenk.	1. Schweizerische Kryptogamen. Nr. 33.
—	De Wildeman, E.	1. Catalogue de la flore algologique de la Suisse. Extrait des Mém. de la Soc. royale des sc. de Liège, 2me série, t. XIX.
1904—5.	Wesenberg-Lund, C.	1. A comparative study of the lakes of Scotland and Denmark: Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Vol. XXV, part VI.
1908.	»	2. Plankton Investigations of the Danish Lakes. Copenhagen.
1912.	»	3. Grundzüge der Biologie und der Geographie des Süsswasserplanktons nebst Bemerkungen über Haupt. probleme zukünftiger limnologischer Forschungen. Sonderabdruck aus Internationaler Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie.
1896.	West W. and G. S. West	1. Algae from Central Africa. Journal of Botany, Vol. 34.
1907.	»	2. On the freshwater Algae of the third Tanganyika Expedition. Linnean Soc. Journ. Bot. Vol. XXXVIII.
1907.	»	3. Welwitsch's African freshwater Algae. Journ. of Bot.
1912.	»	4. On the Periodicity of the Phytoplankton of some British lakes. Linn. Soc. Journ. Botany. Vol. XL. May.
1897.	Wille, N.	1. Chlorophyceae in Engler und Prantl Natürliche Pflanzenfam., 1. Teil, 2. Abteilung.
1909.	»	2. Conjugatae und Chlorophyceae. Nachträge zum 1. T., Abteilung 2 der Natürl. Pflanzenfam. von Engler und Prantl, 236. und 237. Lieferung.
1887.	Wolle, F.	1. Freshwater Algae of the United States. Bethlehem.
1912.	Woloszynska, J.	1. Das Phytoplankton einiger javanischer Seen, mit Berücksichtigung des Savaplanktons. Bull. de l'Académ. des sc. de Cracovie, sér. B.
1909.	Woltereck, R.	1. Weitere experimentale Untersuchungen über Artveränderung, speziell über das Wesen quantitativer

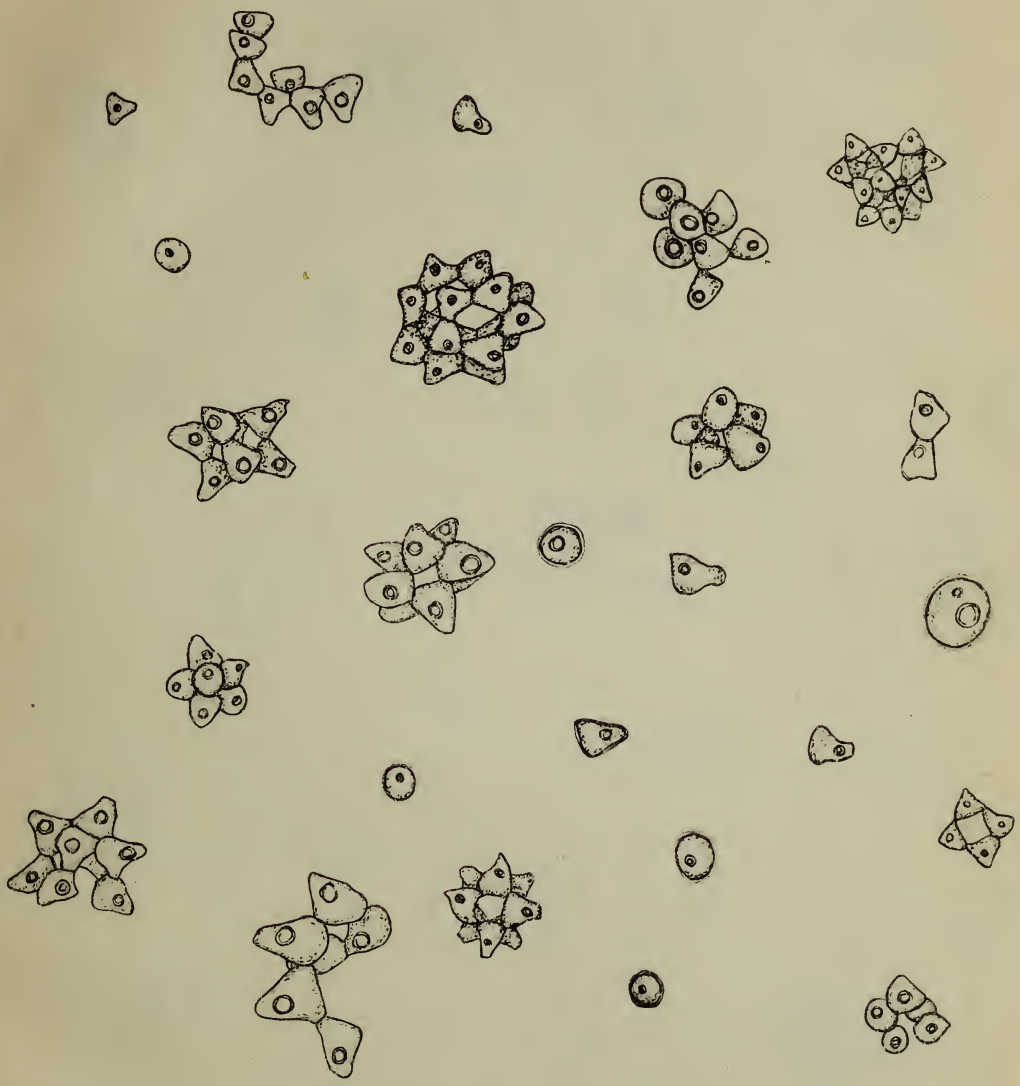
Artunterschiede bei Daphniden. Verh. Deutsch. Zool. Gesellsch. (Cité d'après Wesenberg-Lund).

1889. Zacharias, O. 1. Über die Ursache der Verschiedenheit des Winterplanktons in grossen und kleinen Seen. Zoolog. Anzeiger, Bd. XXII.

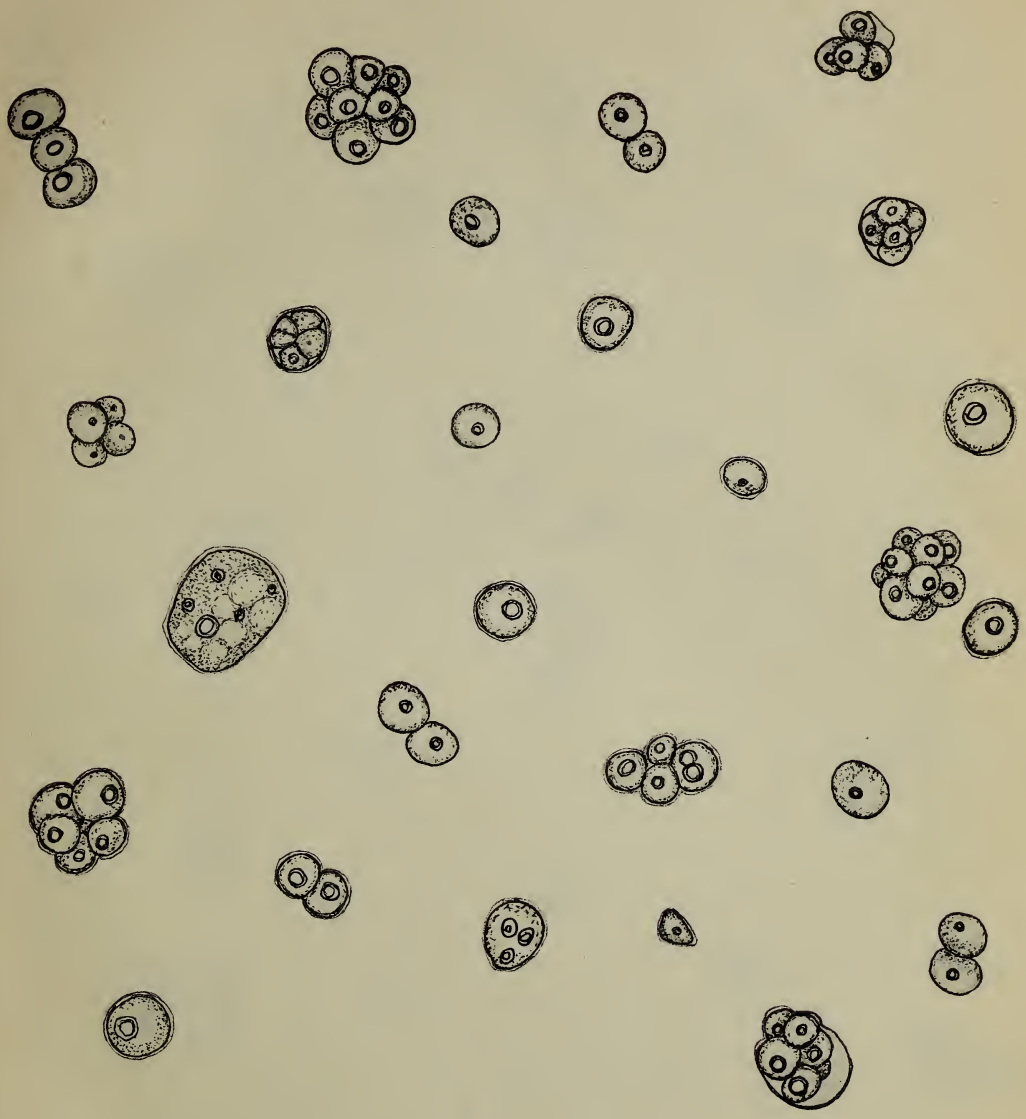
Explication des planches.

Planches.

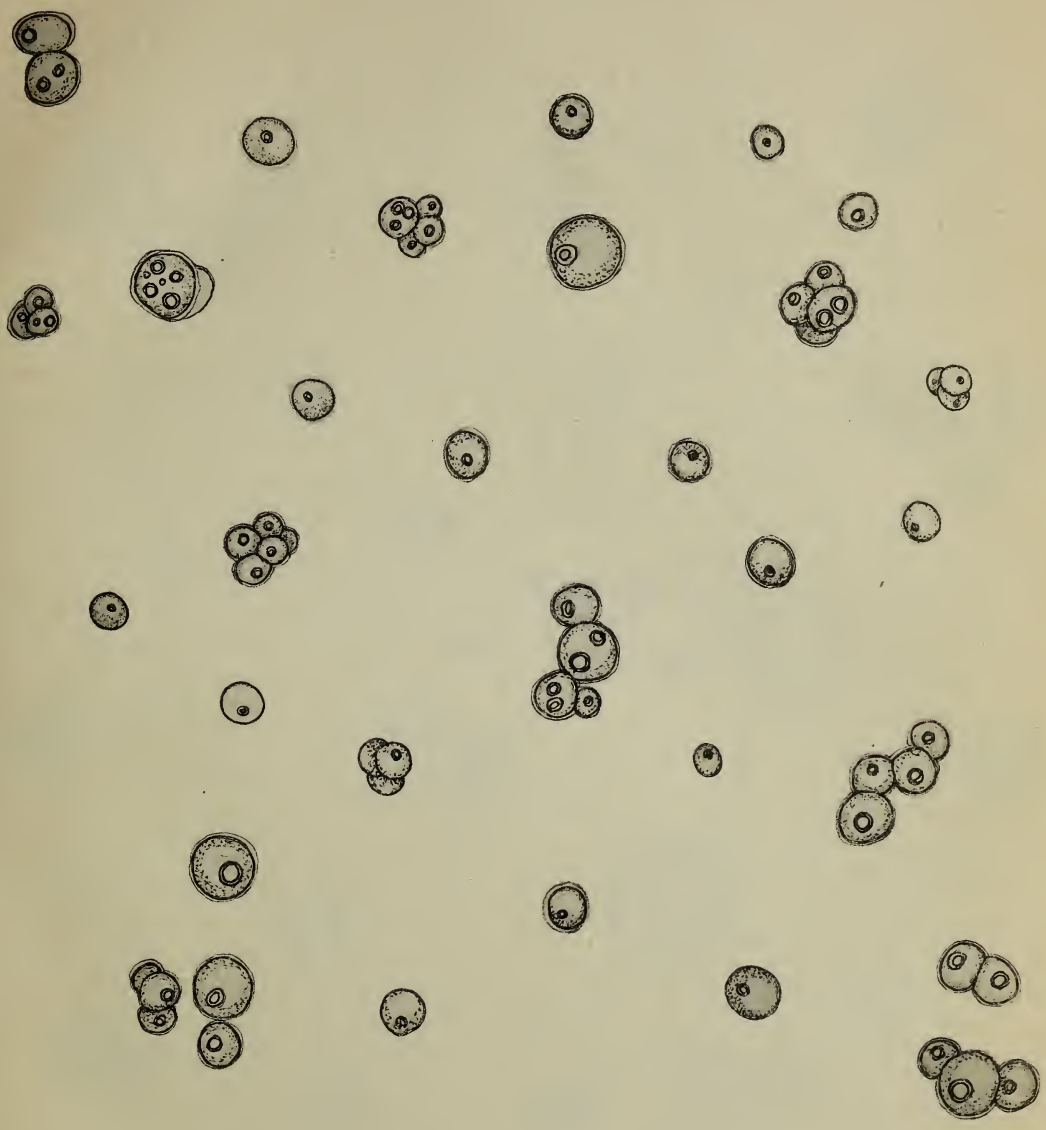
1.	Milieu à NaCl (0,2%)	Petits cénobes souvent en dissociation. Types Chlorella et Polyedrium. Texte page 17.
2.	» NaCl (0,4%)	Prédominance des cellules isolées. Multiplication des pyrénoïdes.
3.	» NaCl (0,6%)	
4.	» NaCl (1%)	
5.	» NaCl (2%)	
6.	Milieu à glucose (1%)	Voir une cellule couverte de perles. Tous les stades de désarticulation.
7.	» glucose (2%)	Cénobes géants.
8.	» glucose (3%)	Cellules monstres par déformation des cénobes.
9.	» glucose (5%)	» » » »
10.	Influence de la température. Texte page 20.	1/3 Detmer additionné de sucre (2%) et maintenu au thermostat à 25°.
11.	Même milieu maintenu à 33°.	
12.	Influence de l'oxygène. Texte page 21.	Culture anaérobie (sous une couche d'huile).
13.	» »	Même composition du milieu: Erlenmeyer à accès d'air normal. Voir dans le cénobe du centre comment s'attachent les cellules entre elles. De côté, un cénobe en dissociation complète.
14.	» »	Texte page 22—23. Culture au fond d'un tube étroit contenant du Detmer sucré solidifié par l'agar-agar.
15.	Influence de l'oxygène.	Milieu sucré solide: fond de l'éprouvette (2 fois plus près de la surface).
16.	» »	Aspect de la colonie au-dessous de la surface au contact du milieu solide.
17.	» »	Surface des colonies.
18.	Influence de la peptone. Texte page 26.	Peptone à 1%. Cellules vacuolisées et remplies d'huile.
19.	Influence de l'agar sur les milieux peptonisés.	1% de peptone en milieu solide. Même apparence des cellules, mais à contenu moins altéré. Texte page 29 et 32.
20.	Influence des acides. Texte page 37.	1,75% de phosphate acide de K. Petits cénobes à 8 cellules au maximum.



THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

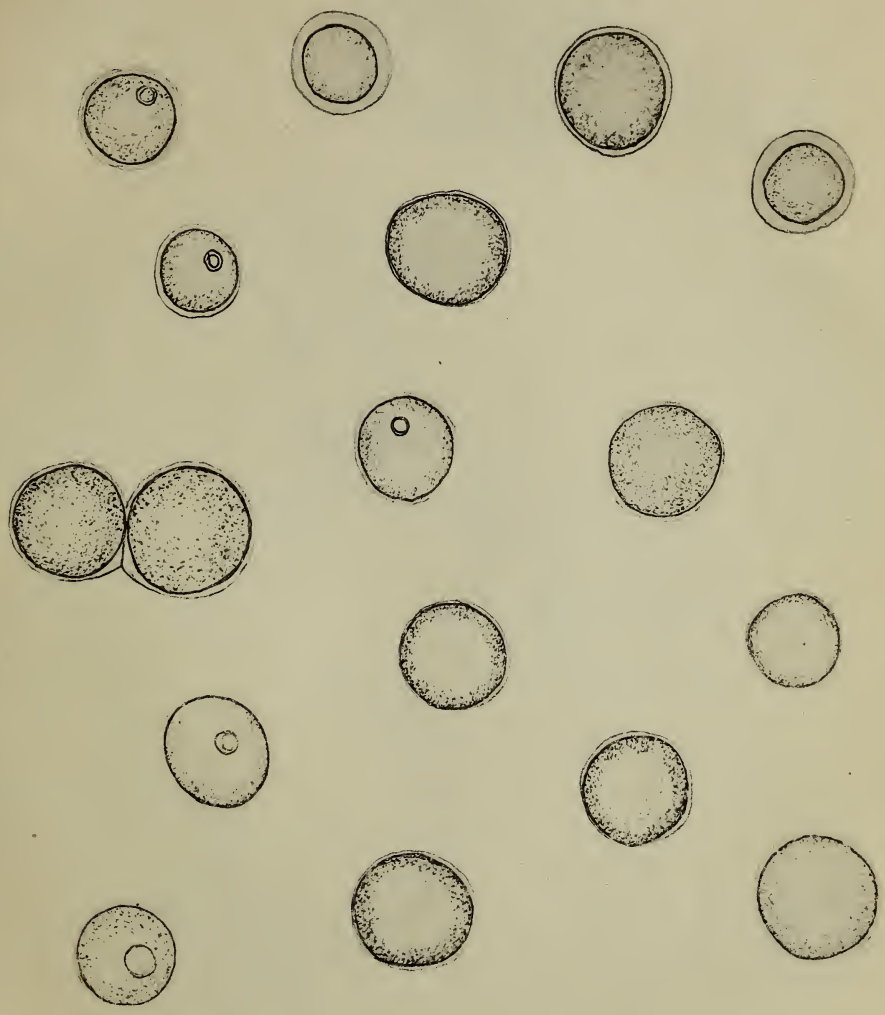


THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

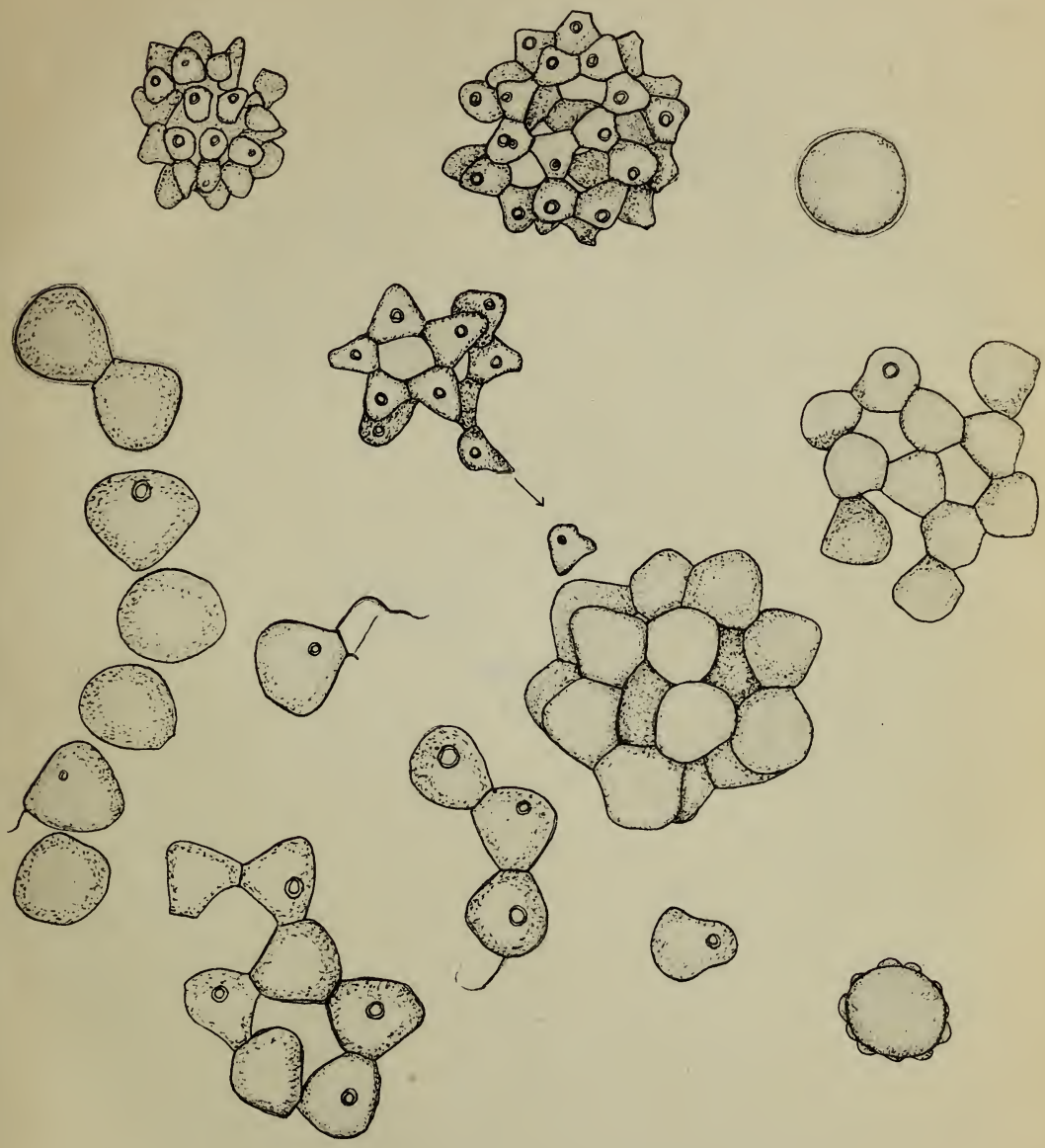


THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

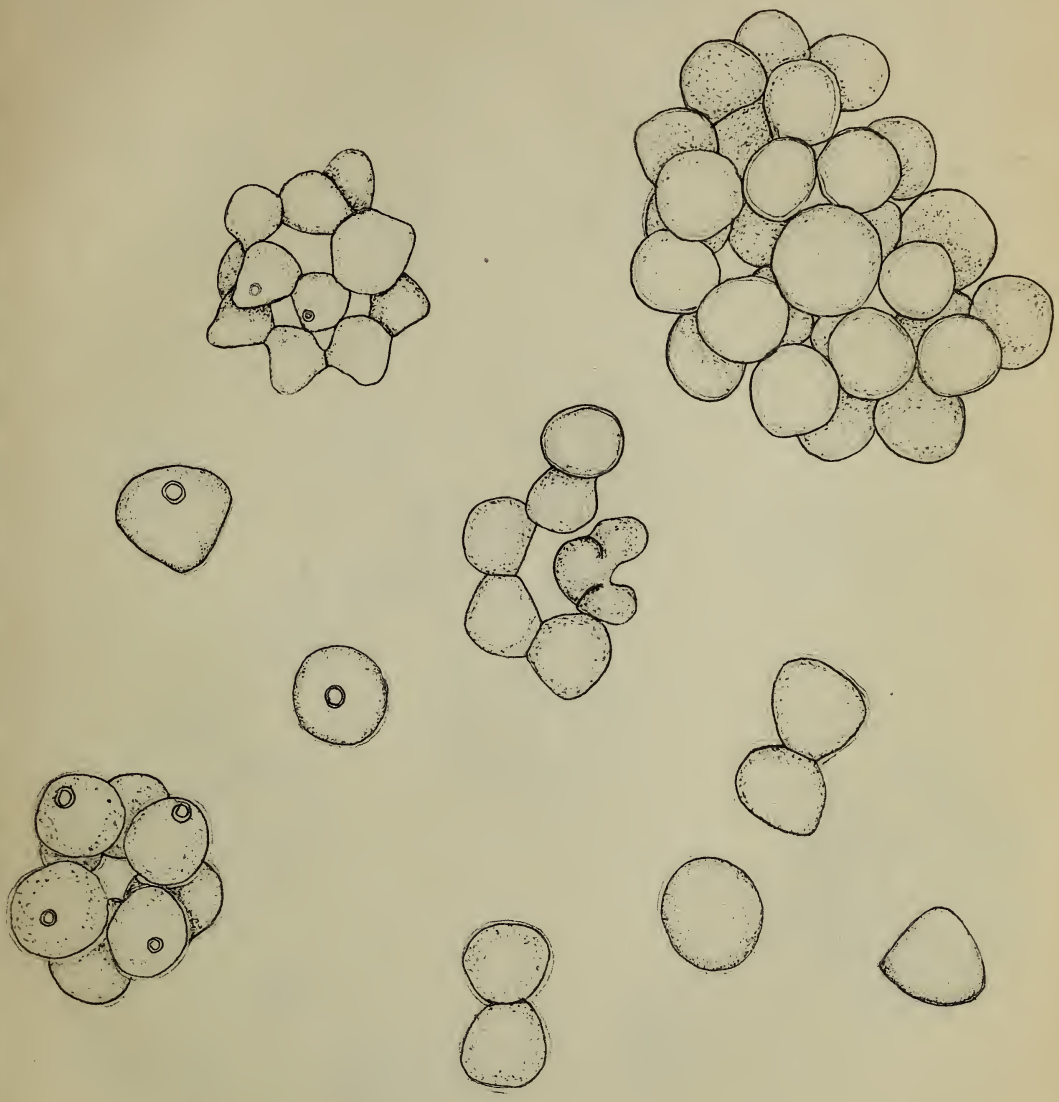
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



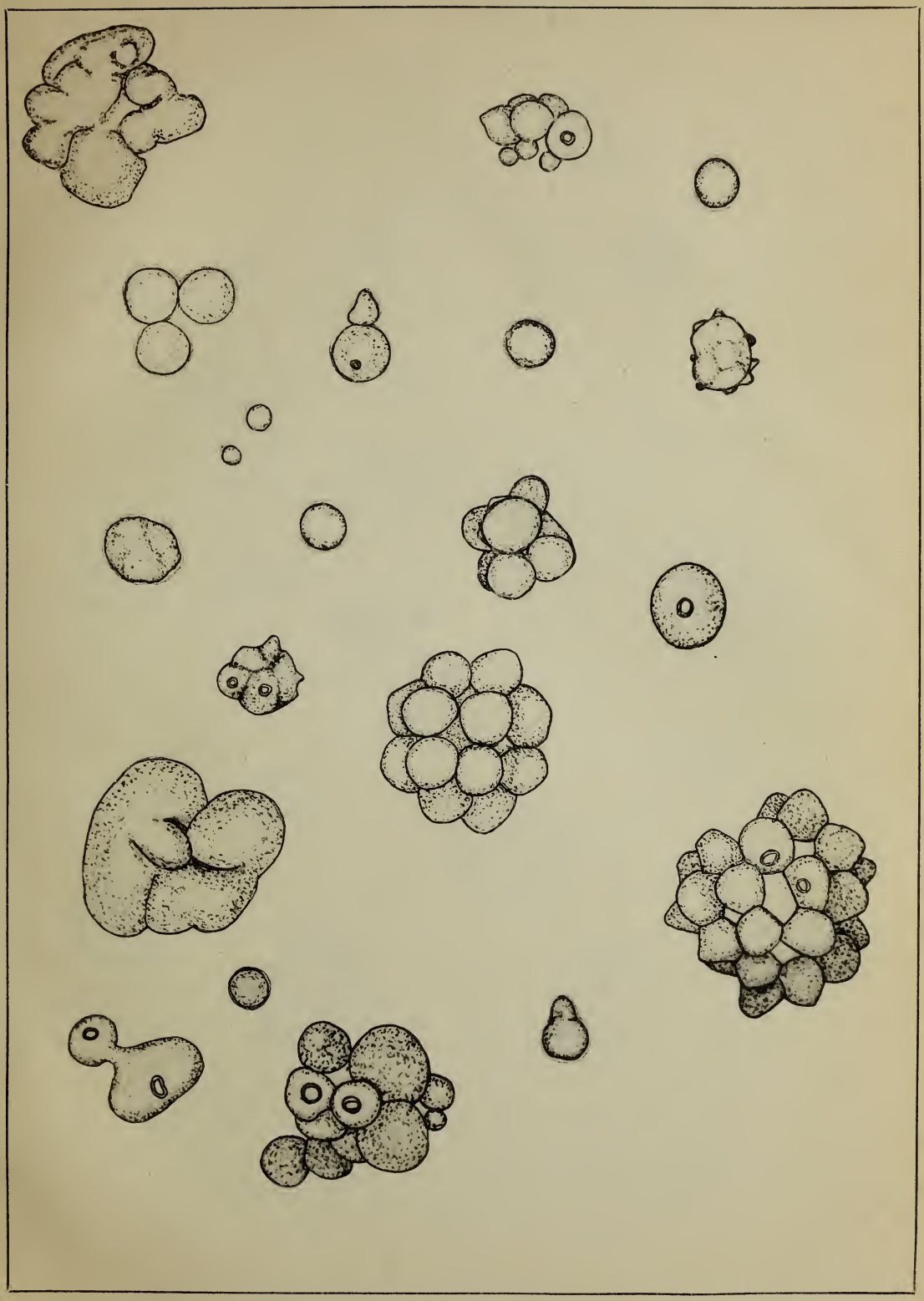
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



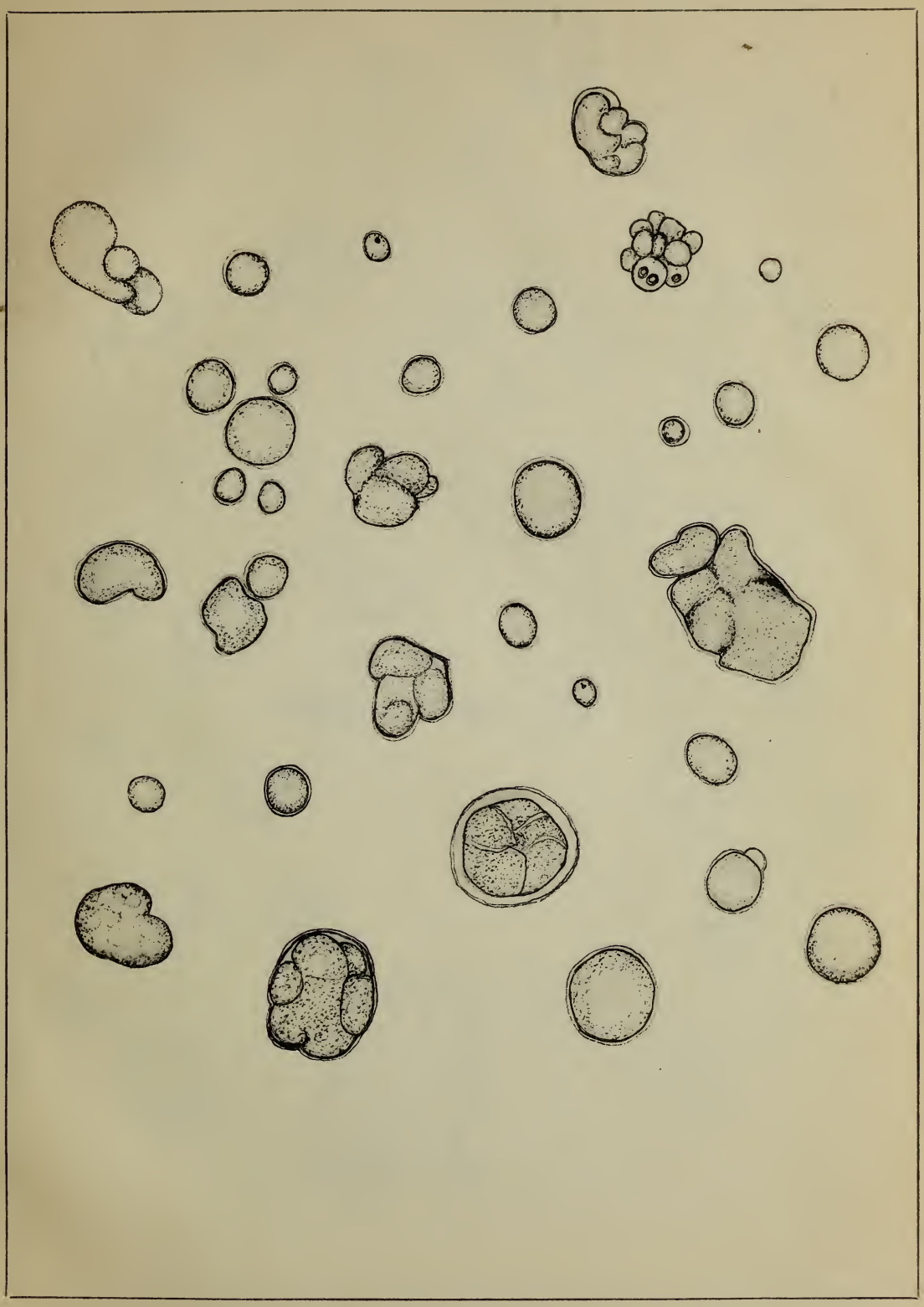
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

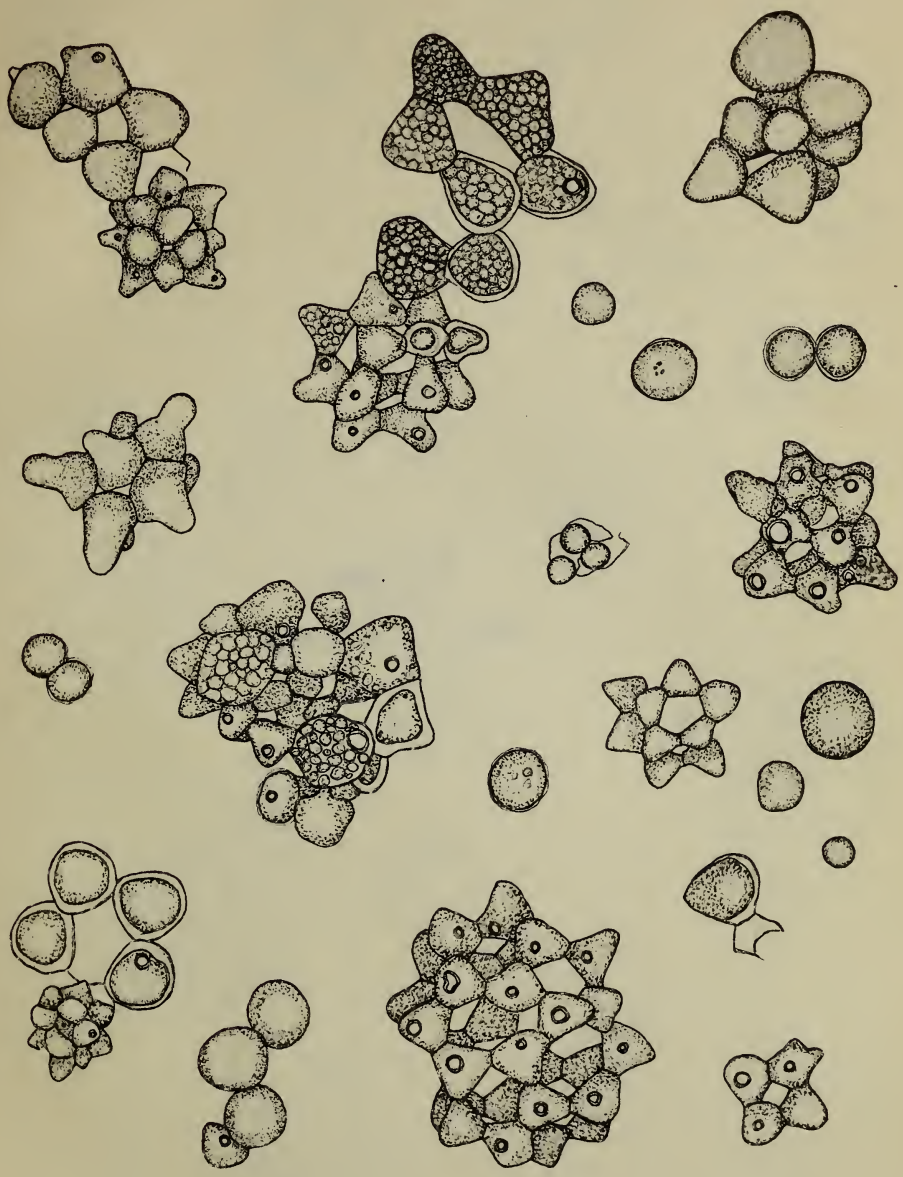


THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

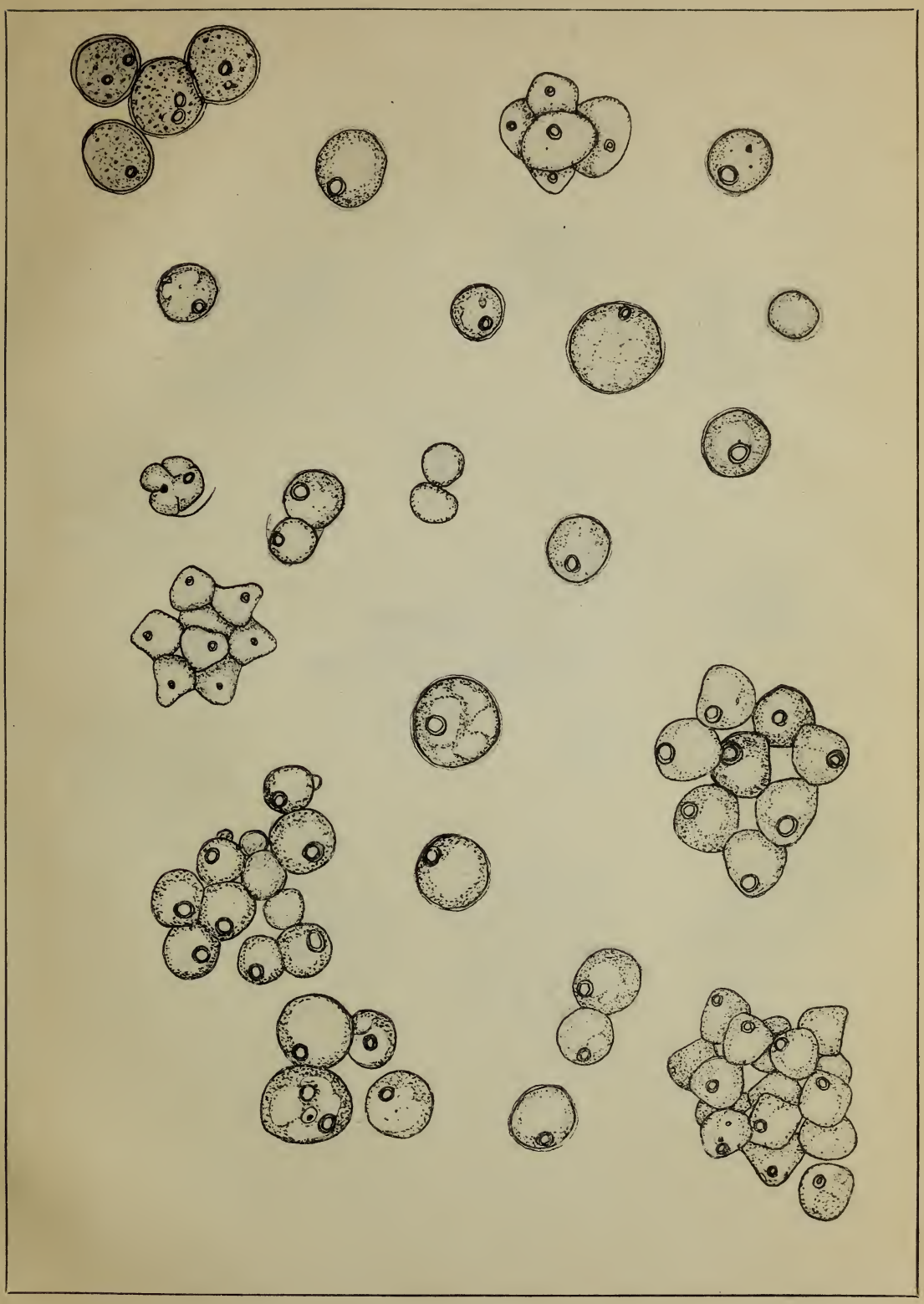


THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

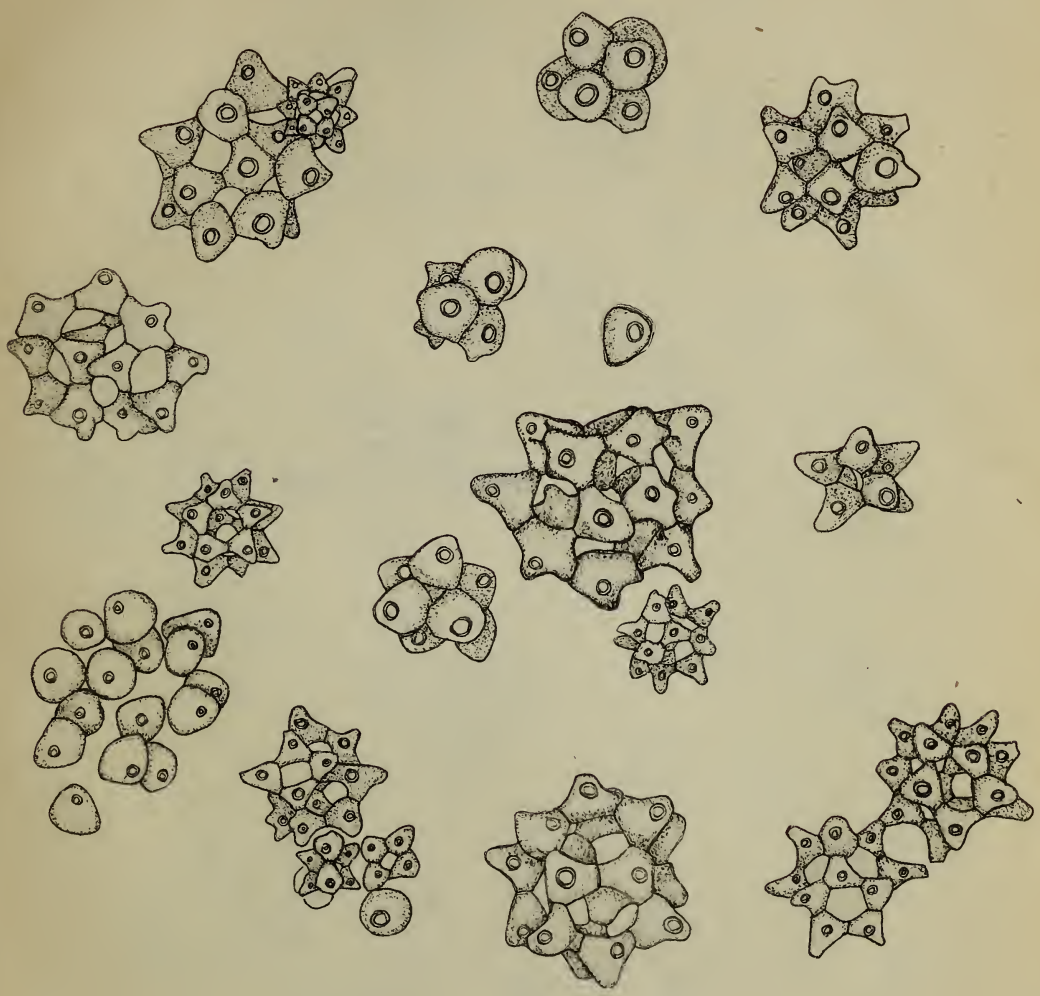
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



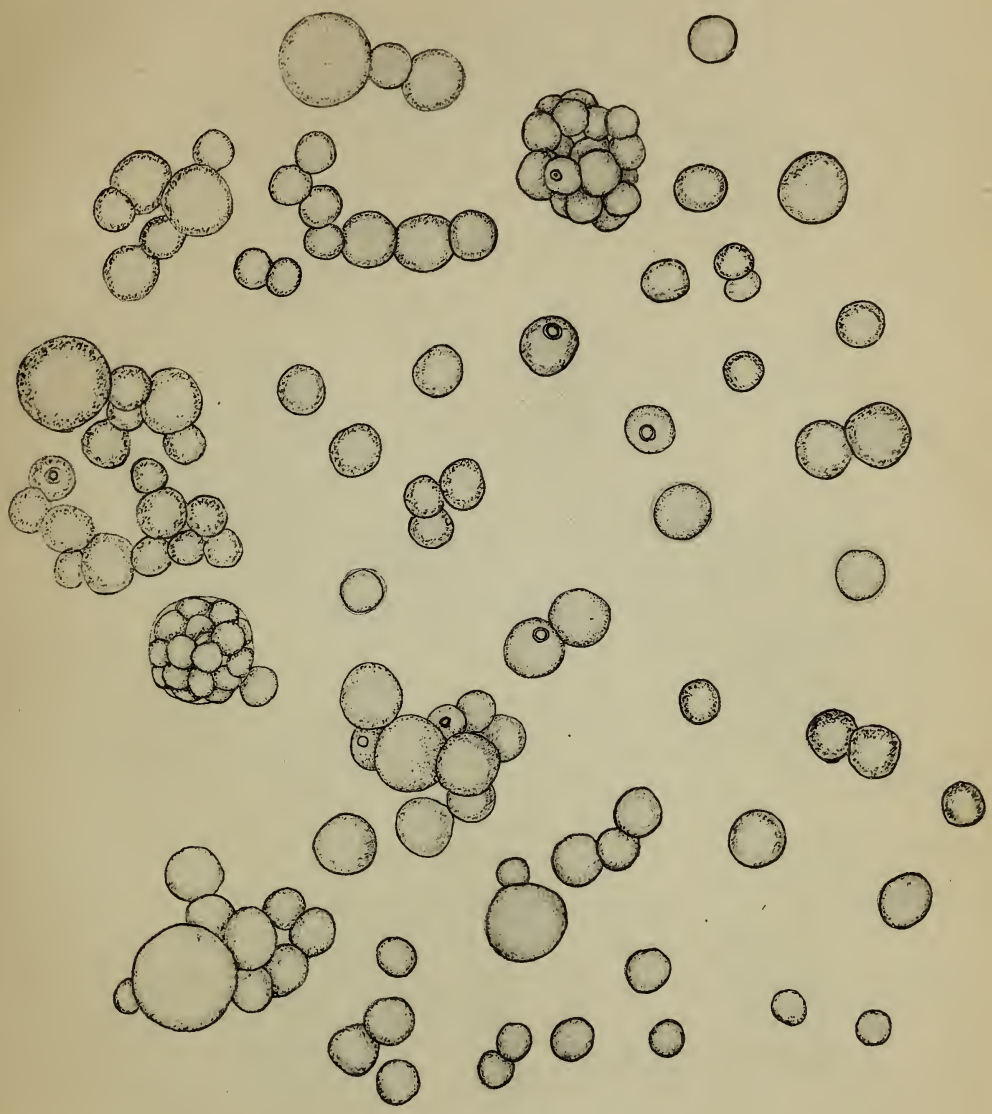
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



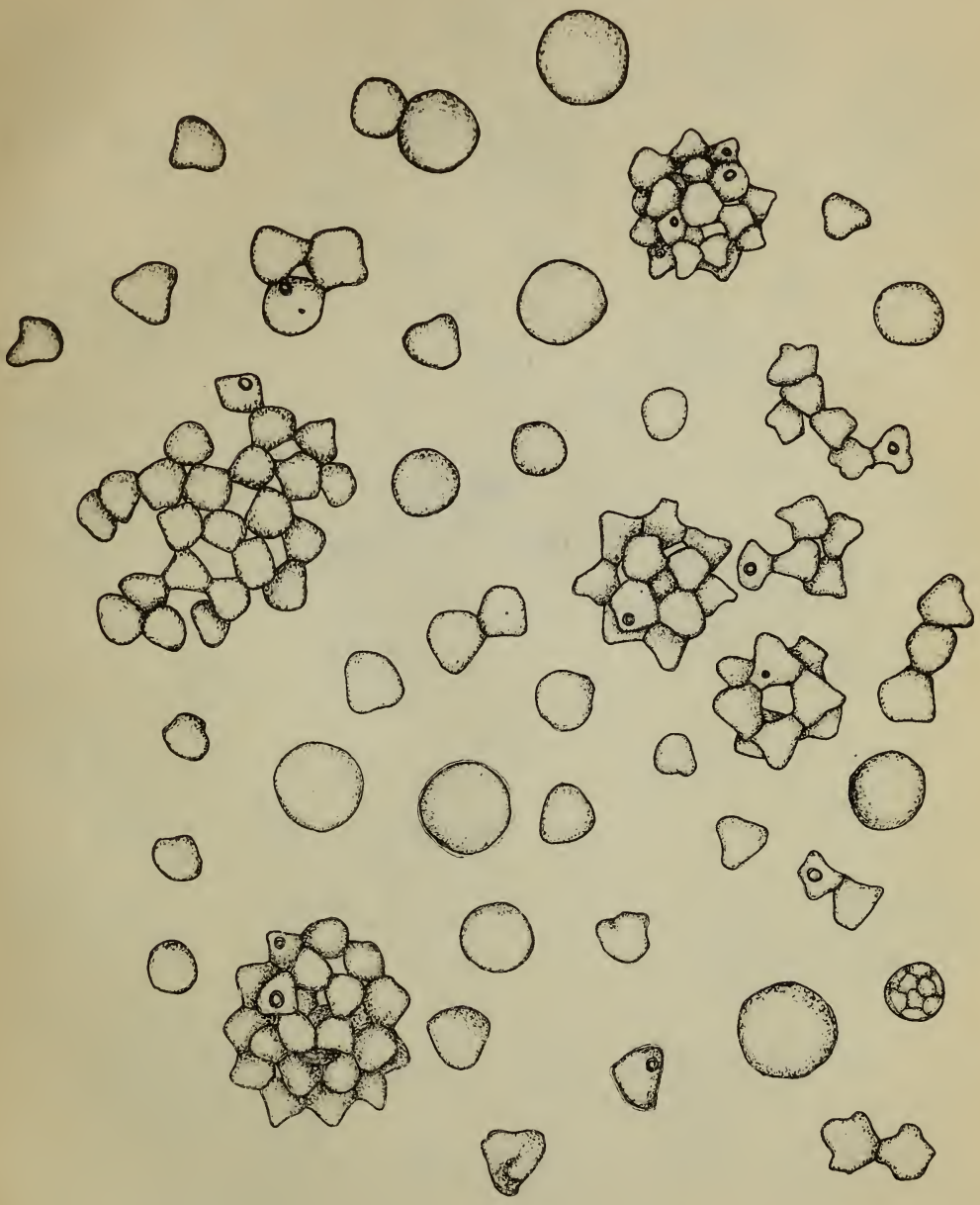
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



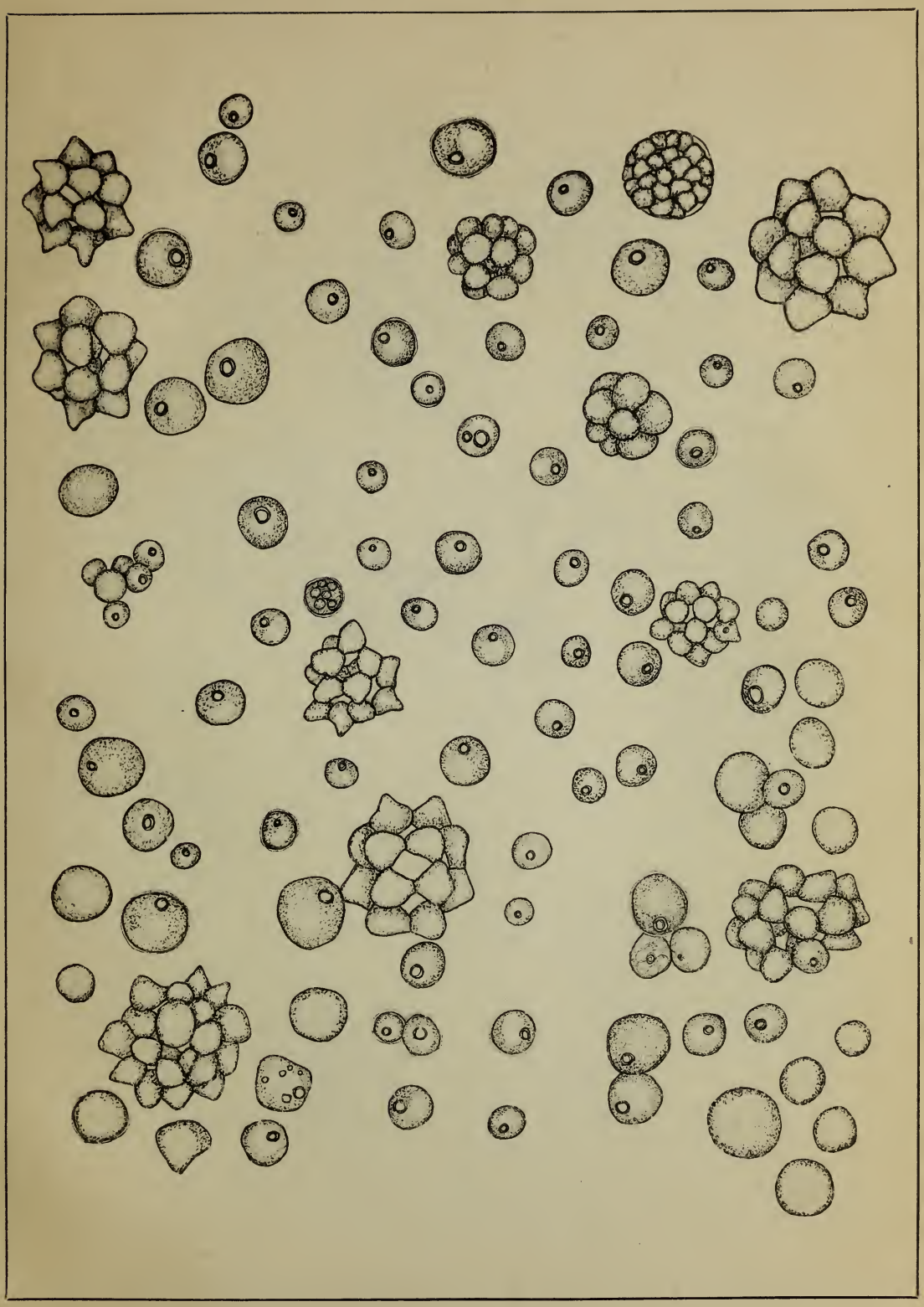
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



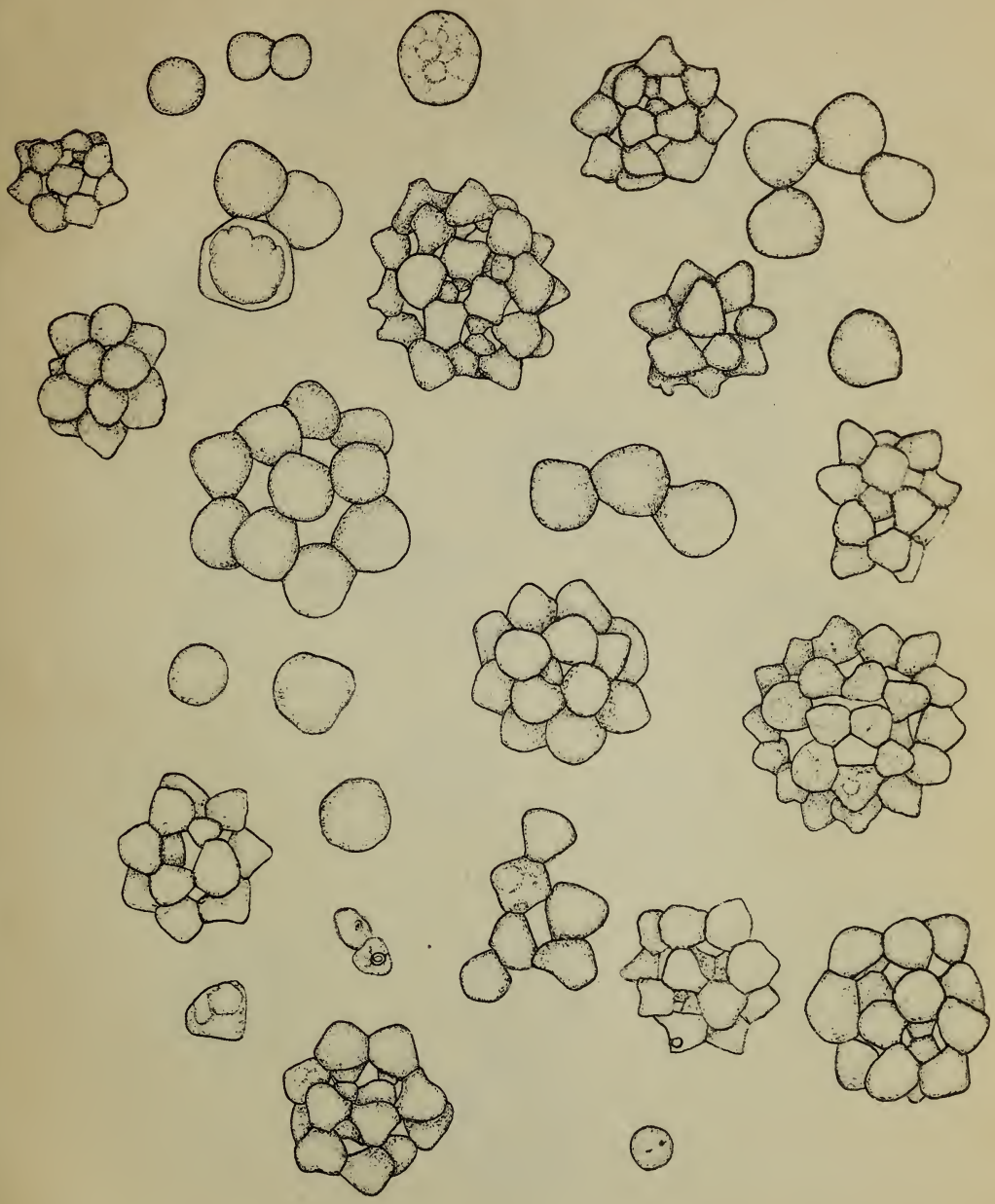
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



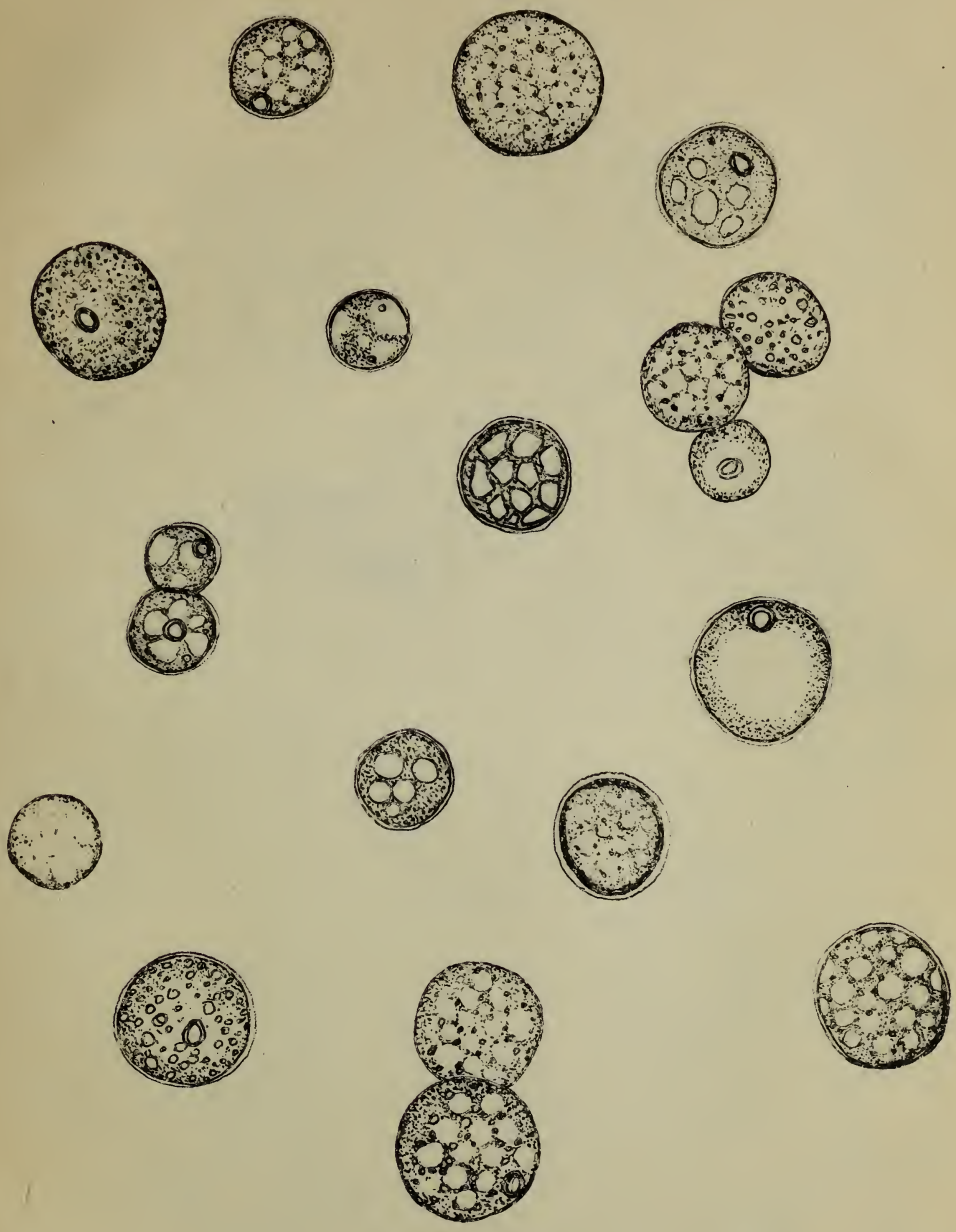
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



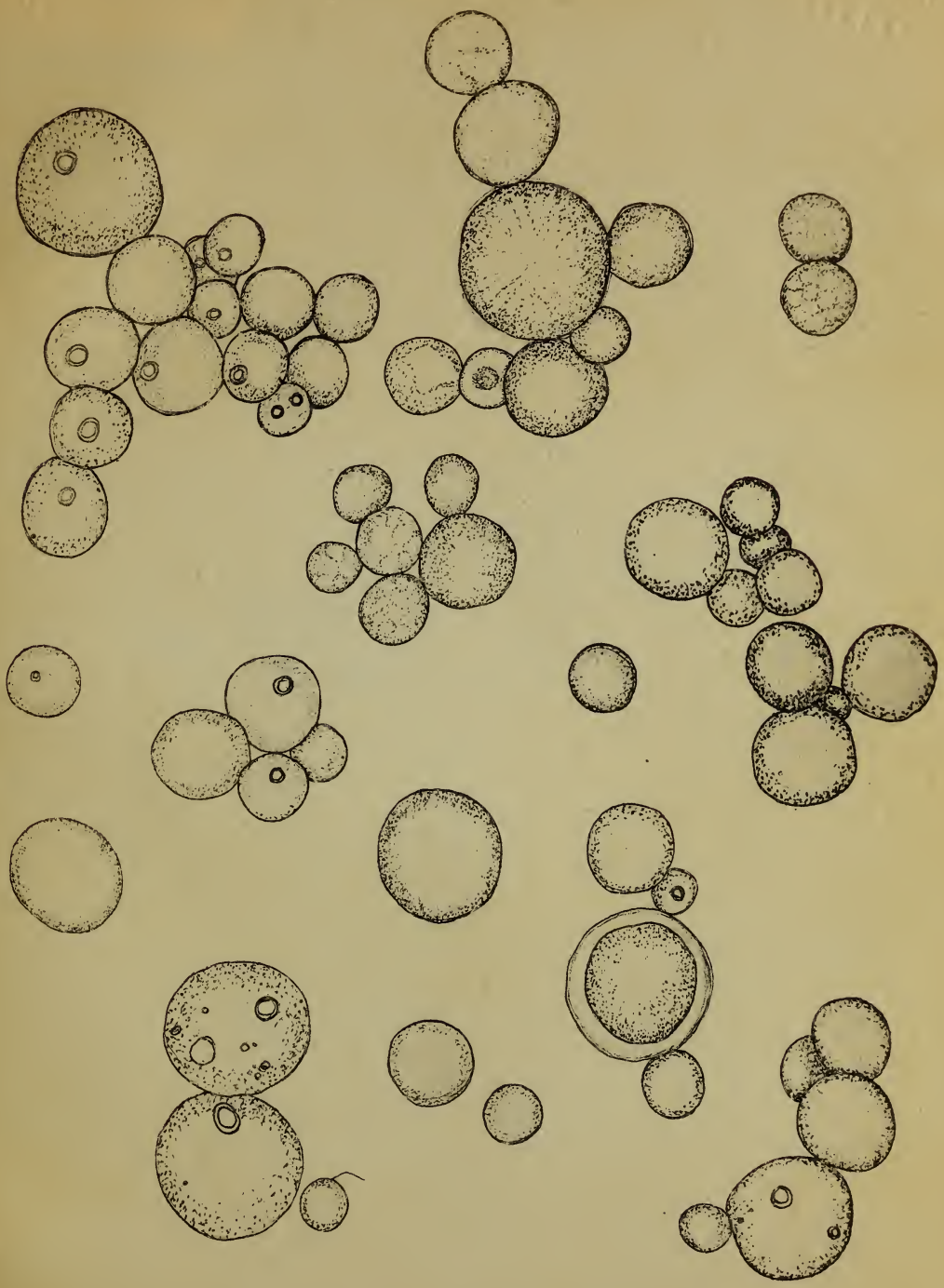
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 072835124

THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS